



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

ROMENA GALVANI SOBREIRA

**IMPACTO DO REUSO DE ÁGUA NO BALANÇO HÍDRICO DE UMA
EDIFICAÇÃO CORPORATIVA DE GRANDE PORTE EM VITÓRIA-ES**

**VITÓRIA
2015**

ROMENA GALVANI SOBREIRA

**IMPACTO DO REUSO DE ÁGUA NO BALANÇO HÍDRICO DE UMA
EDIFICAÇÃO CORPORATIVA DE GRANDE PORTE EM VITÓRIA-ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Saneamento Ambiental e Saúde Pública.

Orientador: Prof^o Dr. Ricardo Franci.

Co-orientadora: Prof^a Dra. Raquel Machado Borges.

**VITÓRIA
2015**

ROMENA GALVANI SOBREIRA

**IMPACTO DO REUSO DE ÁGUA NO BALANÇO HÍDRICO DE UMA
EDIFICAÇÃO CORPORATIVA DE GRANDE PORTE EM VITÓRIA-ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Saneamento Ambiental e Saúde Pública.

Aprovada em 27 de Maio de 2015.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Ricardo Franci Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof^a. Dr^a. Raquel Machado Borges
Instituto Federal do Espírito Santo
Co-orientadora

Prof^a. Dr^a Rosane Hein Campos
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof^a. Dr^a Monica Pertel
Universidade Federal do Rio de Janeiro

À minha família e amigos que souberam entender minha ausência e sempre torceram pelo meu sucesso. Em especial aos meus pais, ao meu marido, às minhas irmãs e sobrinhas. Vocês são meus alicerces!

À Deus, pela benção da vida. A minha família, pelo carinho e apoio.

À minha mãe, pelo amor, amizade, carinho, incentivo e dedicação de uma vida.

Ao Érico, pela compreensão e companheirismo.

Ao Prof. Dr. Ricardo Franci, pela orientação, apoio e ensinamentos.

À Prof^a. Dr^a. Raquel Machado Borges, pela co-orientação e ensinamentos compartilhados.

Ao Prof. Dr. Renato Siman pelo apoio durante essa jornada.

Aos professores, pelo aprendizado.

Ao Thiago Franci Keller pela colaboração na realização do estudo de viabilidade econômica.

À Comau do Brasil pela oportunidade e confiança.

Aos amigos, pela torcida.

Meu muito obrigado!

“Há água no mundo para todas as necessidades da humanidade, mas não o suficiente para satisfazer a ganância de uns poucos.”

Mahatma Gandhi (1860-1948)

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	A ESCASSEZ DE ÁGUA	16
3.2	PROBLEMÁTICA DA ÁGUA NAS ÁREAS URBANAS.....	18
3.3	CONSUMO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA.....	19
3.3.1	<i>Conservação de Água nas Edificações</i>	19
3.3.2	<i>Técnicas e Medidas de Conservação de Água</i>	21
3.3.3	<i>Indicadores de Consumo de Água</i>	22
3.4	CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS SANITÁRIOS	23
3.5	PROCESSOS DE TRATAMENTO	24
3.6	REUSO DE ÁGUA	25
3.7	VIABILIDADE ECONÔMICA	27
3.7.1	<i>Valor Presente Líquido (VPL)</i>	28
3.7.2	<i>Taxa Interna de Retorno (TIR)</i>	29
3.7.3	<i>Payback simples e Payback descontado</i>	29
4	METODOLOGIA.....	30
4.1	APLICAÇÃO DA PESQUISA.....	30
4.2	ASPECTOS DA EDIFICAÇÃO.....	31
4.2.1	<i>Descrição do Complexo de Edificações</i>	31
4.2.2	<i>Sistema Hidro-sanitário</i>	32
4.2.3	<i>Descrição da Estação de Tratamento de Esgotos com Reúso (ETE+R)</i> 35	
4.3	CONSUMO DE ÁGUA.....	39
4.3.1	<i>Monitoramento do Consumo de Água</i>	39
4.3.2	<i>Cálculo dos Indicadores</i>	40
4.3.3	<i>Avaliação do Impacto da Redução do Consumo de Água Potável</i> 41	
4.4	PRODUÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO	42
4.4.1	<i>Monitoramento da Produção de Esgoto Sanitário</i>	42
4.4.2	<i>Avaliação do Impacto do Reuso na Produção de Esgoto</i>	42
4.5	BALANÇO HÍDRICO.....	43
4.5.1	<i>Monitoramento</i>	43
4.6	TRATAMENTO DOS DADOS.....	44
4.7	VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA DE REÚSO PREDIAL.....	45
4.7.1	<i>Levantamento de Informações (Etapa 1)</i>	45
4.7.2	<i>Elaboração e Avaliação do Fluxo de Caixa (Etapa 2)</i>	46
4.7.3	<i>Apresentação e Avaliação de Cenários (Etapa 3)</i>	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1	CONSUMO DE ÁGUA.....	48
5.1.1	<i>Histórico do Consumo de Água</i>	48
5.1.2	<i>Variação Mensal do Consumo de Água</i>	51
5.1.3	<i>Variação Semanal do Consumo de Água</i>	55
5.2	INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA	57
5.2.1	<i>Indicadores de Consumo per capita</i>	57

5.2.2	Indicadores de Consumo por Área	58
5.3	AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO REÚSO NO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL.....	59
5.4	PRODUÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO	59
5.5	BALANÇO HÍDRICO.....	62
5.5.1	Consumo de Água e Produção de Esgoto Sanitário	62
5.5.2	Balanço Hídrico e Coeficiente de Retorno	64
5.6	VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE REÚSO PREDIAL	65
5.6.1	Levantamento das Informações	65
5.6.2	Despesas Mensais do Sistema	65
5.6.3	Receitas e Fluxo de Caixa	66
5.6.4	Construção de Cenários	69
6	CONCLUSÃO	78
7	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	79
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
9	ANEXOS	86

RESUMO

A situação de escassez de água no Brasil tem se intensificado com o crescimento populacional concentrado nos centros urbanos, demandando uma quantidade cada vez maior de água que muitas vezes não é aproveitada eficientemente em virtude da falta de planejamento. Diante do contexto de desenvolvimento sustentável a utilização de recursos hídricos representa um desafio para a sociedade brasileira e envolve vários aspectos relacionados às condições sociais e econômicas. Uma forma de prevenir a escassez de água é através da aplicação de uma gestão integrada, incentivando o uso racional dos recursos hídricos e favorecendo o desenvolvimento de sistemas sustentáveis. O uso de fontes alternativas se apresenta como uma opção ecologicamente correta e dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável para suprir demandas de água menos nobres. Os edifícios possuem uma diversidade de atividades nas quais águas menos nobres podem ser usadas, representando grande parte da demanda de edifícios residenciais e comerciais, dando destaque para os usos com irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos de garagem e carros, descarga em bacias sanitárias água de reposição em torres de resfriamento e lavagem de roupas. O presente estudo visa estudar os efeitos da conservação de água decorrentes de um sistema de reuso de esgoto sanitário implantado em um edifício corporativo de grande porte, a partir da avaliação do consumo de água potável, produção de esgoto e água não potável. Além disso, também foram avaliados os custos de operação e manutenção do um sistema de reuso predial que trata esgoto sanitário a fim de se realizar um estudo de viabilidade econômica do sistema. Os resultados obtidos indicam que o consumo de água de reuso representa uma pequena parcela do consumo de água na edificação estudada, cerca de 6% do total consumido. Constatou-se também que a utilização de água de reuso para os fins não potáveis resultou em um coeficiente de retorno de 0,50 e em um índice de consumo *per capita* de água potável de 112,9 l/pessoa.dia. Esses resultados não são considerados satisfatórios em razão do baixo volume de água de reuso produzida pela ETE+R, o que gerou um fluxo de caixa negativo indicando inviabilidade financeira do sistema, uma vez que este durante o período de estudo funcionou abaixo da sua capacidade de operação. Assim foram elaborados três cenários para avaliar a viabilidade do sistema: operações com 50%, 75% e 100% de sua capacidade. A análise dos três cenários indicou um VPL > 0, a TIR superior a taxa mínima de atratividade e um Payback inferior a quatro anos nos três cenários. Dessa forma concluiu-se que o sistema de reuso predial representa uma alternativa viável para promover o uso sustentável da água, contribuindo para a melhoria da qualidade do meio ambiente e gerando, ainda, benefícios econômicos aos usuários.

Palavras-chave: Conservação de água, Reuso, Consumo de água, Viabilidade financeira.

ABSTRACT

The water scarcity in Brazil has intensified with population growth concentrated in urban centers that require an increasing amount of water that is not often used efficiently because of the lack of planning. Within the context of sustainable development, the use of water resources represents a challenge for Brazilian society and involves various aspects related to social and economic conditions. One way to prevent water scarcity is through the application of an integrated management, encouraging the rational use of water resources and promoting the development of sustainable systems. The use of alternative sources is an ecologically correct and within the principles of sustainable development option to meet water demands less noble. The buildings has a variety of activities in which less noble water can be used, accounting for much of the demand for residential and commercial buildings, such as irrigation of green areas, cleaning garage floors and cars, discharge toilets makeup water in cooling towers and washing clothes. This study aims to study the effects of water conservation stemming from a wastewater reuse system deployed on a large corporate building, from the evaluation of the consumption of drinking water, wastewater production and non-potable water. In addition, we also evaluated the operation and maintenance costs of one building reuse system that treats sewage in order to conduct a study of the economic viability of the system. The results indicate that the reuse of water consumption represents a small portion of water consumption in the building studied, about 6% of total consumption. It was also found that the use of reclaimed water for non-potable purposes resulted in a return coefficient of 0.50 and a per capita consumption rate of drinking water of 112.9 l / person.day. These results are not satisfactory because of the low volume of recycled water produced by ETE + R, which generated a negative cash flow indicating financial infeasibility of the system, since this during the study period ran low on their ability to operation. Thus it was considered three scenarios to assess the viability of the system operating at 50%, 75% and 100% capacity. The analysis of the three scenarios indicated a NPV > 0, the IRR higher than minimum rate of attractiveness and Payback less than four years in the three scenarios. Thus it was concluded that the building reuse system represents a viable alternative to promote sustainable water use, contributing to improving the quality of the environment and generating further economic benefits to users.

Keywords: Water Conservation, Reuse, Water Consumption, Financial viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - MUNICÍPIOS DO ES QUE DECRETARAM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA (FOTO: REPRODUÇÃO/ TV GAZETA).....	17
Figura 2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA REGIÃO METROPOLITANA DE VITÓRIA COM DESTAQUE PARA O EDIFÍCIO.	31
Figura 3 - FLUXO DE ÁGUA POTÁVEL E REÚSO PARA ABASTECIMENTO DA EDIFICAÇÃO.....	34
Figura 4 - FLUXOGRAMA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM REÚSO, INDICANDO A SEQUÊNCIA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES SANITÁRIOS GERADOS NA EDIFICAÇÃO.....	36
Figura 5 - ETE+R COM DESTAQUE PARA OS MEDIDORES DE TURBIDEZ, PH E CLORO RESIDUAL INSTALADOS NA LINHA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO PARA IRRIGAÇÃO E BACIAS SANITÁRIAS E AO LADO OS DOIS CONJUNTOS DE FILTROS DE CARVÃO ATIVADO E AREIA.	38
Figura 6 - Hidrômetros usados no monitoramento do consumo de água instalados na ETE+R para medição do volume de água de reúso.	40
Figura 7 - HIDRÔMETRO USADO PARA MONITORAMENTO DO VOLUME DE ESGOTO SANITÁRIO PRODUZIDO NA EDIFICAÇÃO.	42
Figura 8 - SÉRIE HISTÓRICA DO CONSUMO DE ÁGUA DA EDIFICAÇÃO.....	49
Figura 9 - DADOS COMPARATIVOS DA PRECIPITAÇÃO MENSAL.	50
Figura 10 - Variação do consumo mensal de água potável ao longo dos meses monitorados.	51
Figura 11 - Variação do consumo mensal de água de reúso ao longo dos meses monitorados.	53
Figura 12 – Volume de água de reúso produzida, volume de água total consumido e % de economia de água em função do reuso.....	54
Figura 13 - Variação do consumo semanal de água potável ao longo do período de estudo.....	55
Figura 14 - Variação do consumo semanal de água de reúso ao longo do período de estudo.	56
Figura 16 - Série histórica de esgoto sanitário.....	60
Figura 17 - Variação da produção de esgoto sanitário.	61
Figura 18 - Consumo de AP, AR e produção de ES.....	64
Figura 19 - Fluxo de caixa mensal.	67
Figura 20 - Volume de água de reuso produzida, volume de esgoto sanitário e percentual de produção de água de reuso em relação ao volume de esgoto sanitário afluente a ao sistema de tratamento.	68
Figura 21 - Payback para o cenário 1.	71
Figura 22 - Payback para o cenário 2.	74
Figura 23 - Payback para o cenário 3.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo per capita do Brasil e por regiões.....	22
Tabela 2 - Coeficientes de consumo de água em diferentes tipos de edifícios.....	23
Tabela 3 - Descrição do edifício estudado em Vitória-ES.....	32
Tabela 4 - Demanda de água potável e água de reúso da edificação.	34
Tabela 5 - Padrões de qualidade para lançamentos de efluentes.....	38
Tabela 6 - Hidrômetros que compõem o sistema de monitoramento do consumo de água do edifício.	39
Tabela 7 - Consumo médio de água total em função das estações do ano.....	49
Tabela 8 - Análise estatística do consumo de água.	51
Tabela 9 - Comparação do consumo médio mensal de água total em edifícios corporativos.	55
Tabela 10 - Indicadores de consumo per capita de AP, AR e AT.	57
Tabela 11 - Indicadores de consumo per capita de água total em comparação com a literatura.	57
Tabela 12 - Indicadores de consumo por área de AP, AR e AT.	59
Tabela 13 - Impacto de redução do consumo de água potável.....	59
Tabela 14 - Análise estatística da produção de águas residuárias.	60
Tabela 15 - Indicadores de produção per capita de ES Rede e ES Total.	62
Tabela 16 - Impacto de redução de esgoto doméstico lançado na rede coletora.	62
Tabela 17 - Análise estatística do consumo de água e produção de esgoto sanitário total.....	63
Tabela 18 - Balanço hídrico da edificação em estudo.	64
Tabela 19 - Coeficientes de retorno de esgoto sanitário.	65
Tabela 20 - Resumo dos custos de operação e manutenção da ETE+R.....	66
Tabela 21 - Receita em função da economia promovida pela produção de água de reúso.	66
Tabela 22 - Fluxo de Caixa mensal.....	67
Tabela 23 - Dados utilizados para avaliação do Cenário 1.....	69
Tabela 24 - Economia ao longo do horizonte de 10 anos.....	70
Tabela 25 - Despesas no horizonte de 10 anos.	70
Tabela 26 - Fluxo de caixa anual ao longo de 10 anos.	70
Tabela 27 - Dados utilizados para avaliação do Cenário 2.....	72
Tabela 28 - Economia ao longo do horizonte de 10 anos.....	73
Tabela 29 - Despesas no horizonte de 10 anos.	73
Tabela 30 - Fluxo de caixa anual ao longo de 10 anos.	73
Tabela 31 - Dados utilizados para avaliação do Cenário 3.....	75
Tabela 32 - Economia ao longo do horizonte de 10 anos.....	75
Tabela 33 - Despesas no horizonte de 10 anos.	76
Tabela 34 - Fluxo de caixa anual ao longo de 10 anos.	76

1 INTRODUÇÃO

A Lei Federal nº 9433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, considera que a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas. Além disso, a lei possui como objetivos assegurar a disponibilidade de água com padrões de qualidade específicos para a finalidade a que se destina, bem como a utilização racional e integrada dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável.

A intensificação dos debates sobre sustentabilidade e a atual crise hídrica em que o Brasil se encontra, com a seca dos rios e reservatórios, vem elevando cada vez mais a discussão sobre o uso eficiente da água. Inúmeras pesquisas estão em desenvolvimento com a finalidade de prorrogar o estresse hídrico previsto, defendendo, entre outras abordagens, a substituição de água potável por águas menos nobres para o transporte de dejetos, irrigação de jardins, lavagens de pisos, agricultura, sistemas modernos de refrigeração, entre outros usos.

Há décadas, técnicas de tratamento de águas residuárias visando o reúso são aprimoradas e novas técnicas são desenvolvidas, dentre elas a associação de reatores anaeróbios compartimentados (RAC) em série, filtros aerados submersos (FBAS) e filtração terciária seguida de desinfecção (METCALF; EDDY, 2003 e GONÇALVES, 2006). Complementada por uma etapa de filtração terciária em dupla etapa (areia e carvão ativado) e por outra de desinfecção, esta tecnologia de tratamento é capaz de tratar esgoto sanitário a níveis de qualidade que viabilizam diversas opções de reúso.

Esse conceito sustentável de consumo eficiente através do reúso de águas residuárias é essencial para o gerenciamento dos recursos hídricos. Além de proporcionar a economia de água, também ocasiona a redução da produção de esgotos, e como consequência promove-se a proteção dos ecossistemas aquáticos mantendo a qualidade das águas. Com a difusão desse conceito, é possível perceber uma tendência no mercado de construção civil quanto a construção de edifícios sustentáveis com sistema hidrossanitário eficiente, que inclui o reúso de águas residuárias.

Portanto se faz necessária a realização de estudos de caracterização do consumo e conservação de água, já que no Brasil estudos desse tipo precisam ser mais difundidos. É necessário que se realize estudos voltados para conservação de água através do reuso de todos os tipos de águas residuárias, uma vez que grande parte dos estudos são realizados contemplando o reuso específico de água cinzas, preferencialmente as cinzas claras em razão da necessidade de sistemas de tratamento mais simples.

Assim, esse trabalho visa abordar o tema reuso de esgoto sanitário, avaliando o fornecimento quantitativo de água de reuso produzida pela Estação de Tratamento de Esgotos com Reuso (ETE+R) implantada em um edifício corporativo, localizado em Vitória-ES, verificando a redução no consumo de água potável e redução da vazão de esgoto em função da prática do reuso e a viabilidade financeira do sistema de reuso como um todo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar os efeitos da conservação de água decorrentes de um sistema de reuso de esgoto sanitário implantado em um edifício corporativo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar o consumo de água e a produção de esgoto sanitário com base nas séries históricas de consumo de água potável na edificação;
2. Estimar a demanda de água não potável da edificação com base nas séries históricas de consumo de água potável na edificação;
3. Estudar os custos de operação e de manutenção do sistema de produção de água de reuso instalado na edificação;
4. Realizar um estudo de viabilidade econômica da implantação e do funcionamento do sistema de reuso em questão

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A ESCASSEZ DE ÁGUA

Dados do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) confirmam que, até o fim do século, a escassez de água atingirá 3,2 bilhões de pessoas. A publicação de 2007 cita que mudanças climáticas poderão acarretar alterações significativas nos padrões e distribuições atuais de chuva nos continentes, podendo agravar a situação de escassez em certas regiões que já sofrem, assim como reduzir consideravelmente a disponibilidade hídrica em locais considerados seguros em relação à quantidade de água. Em 2014 tais mudanças já foram percebidas e o stress hídrico já é intensificado, especialmente em países mais populosos como China e Índia.

A situação de escassez de água no Brasil tem se intensificado com o crescimento populacional concentrado em diferentes centros urbanos que demandam uma quantidade cada vez maior de água que e muitas vezes não é aproveitada eficientemente em virtude da falta de planejamento (HAFNER, 2007). Esse fato está principalmente concentrado nas regiões Sul e Sudeste, uma vez que já não conseguem atender sua demanda necessária, em razão do aumento do consumo de água nos últimos anos.

Além disso, desde 2012 observa-se uma gradativa e intensa redução nos índices pluviométricos em algumas regiões do país, prejudicando de forma significativa a oferta de água para o abastecimento público, principalmente no semiárido brasileiro e nas regiões metropolitanas mais populosas e com grande demanda hídrica como São Paulo e Rio de Janeiro (ANA, 2014).

O Brasil possui uma das maiores bacias hidrográficas. Porém, a distribuição é desigual pelo país, uma vez que grande parte do volume de água está concentrada na região amazônica e regiões de baixa concentração populacional. Este fato gera um desequilíbrio entre oferta e demanda de água, levando algumas regiões a atenderem suas demandas facilmente, enquanto outras como Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte sofrem com a escassez de água e não conseguem atender as suas demandas per capita.

A Região Sudeste apresenta algumas bacias hidrográficas em criticidade e tal problema está mais relacionado à alta demanda e à poluição hídrica do que a fatores naturais relacionados à disponibilidade hídrica, consequência da maior concentração populacional existente na região. Entretanto, desde 2013 a região conta com uma escassez atípica de chuvas e que se intensificou em 2014, agravando ainda mais a vulnerabilidade dos recursos hídricos. As regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro, bem como municípios vizinhos, vêm sendo afetados pelo menor volume de água dos reservatórios ocasionados pela estiagem (ANA, 2014).

A estiagem atinge também o Espírito Santo que é o terceiro estado da região sudeste com maior consumo per capita de água com 191,1 l/pessoa.dia (SNIS, 2013) e que desde 2014 vem sofrendo uma das maiores secas dos últimos 40 anos. Até o mês de fevereiro de 2015, 13 municípios decretaram situação de emergência e apresentam prejuízos na agricultura em razão da redução de mais de 40% na captação de água nos rios (VAREJÃO; ARPINI, 2015). A situação do estresse hídrico no Espírito Santo está ilustrada na Figura 1.



FIGURA 1 - MUNICÍPIOS DO ES QUE DECRETARAM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA (FOTO: REPRODUÇÃO/ TV GAZETA).

A Agência Nacional de Águas recomenda que medidas como a implementação de ações de conservação de mananciais, entre outras, devem ser priorizadas e fomentadas. Além disso, o investimento em infraestrutura com foco na segurança hídrica também deve ser priorizado, de forma a garantir maior capacidade de reservação e de acesso à água.

3.2 PROBLEMÁTICA DA ÁGUA NAS ÁREAS URBANAS

Já se sabe que a crescente urbanização e falta de planejamento de infraestrutura urbana traz sérios impactos ambientais, com consideráveis consequências aos recursos hídricos, degradação da qualidade da água em áreas urbanas, dificuldade de abastecimento público, gestão inadequada dos resíduos sólidos e do esgotamento sanitário, entre outros cenários (GOIS *et al.*, 2014; HASTENREITER, 2013).

De acordo com Tomaz (2000), o consumo de água em áreas urbanas pode ser subdividido em três categorias:

- Consumo residencial: referente a residências unifamiliares e edifícios multifamiliares;
- Consumo comercial: referente a restaurantes, hospitais e serviços de saúde, hotéis, lavanderias, autoposto e lava a jatos, clubes esportivos, bares, lanchonetes e lojas;
- Consumo público: relativo aos edifícios públicos, escolas, parques, prédios de unidade de saúde pública, cadeia pública e todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes.

Para Tundisi (*apud* HASTENREITER, 2013) a demanda de água no meio urbano é bastante significativa, seja em função do consumo residencial, comercial ou industrial, o que resulta em maior volume de águas residuárias que, por sua vez, contribui para o aumento da poluição e contaminação dos corpos receptores.

Em áreas urbanas a distância entre o recurso água e os grandes centros é outro fator importante a ser analisar, uma vez que a distância associada poluição dos corpos hídricos contribuem para que produção de águas de boa qualidade, dentro de padrões de potabilidade, se torne mais dispendiosa, induzindo a priorização para consumo humano (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Estudos e métodos de conservação de água, bem como o reúso de águas residuárias são boas alternativas para atenuação do consumo de água potável e sua destinação para fins mais nobres.

3.3 CONSUMO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

Diante do contexto de desenvolvimento sustentável, a utilização de recursos hídricos representa um desafio para a sociedade brasileira e envolve vários aspectos relacionados às condições sociais e econômicas (SOARES FILHO, 2008). Ainda segundo o autor, para enfrentar os enormes desafios que se impõem com as demandas futuras, as ferramentas com que se pode contar atualmente são o uso cada vez mais eficiente e integrado de todo e qualquer tipo de água, privilegiando-se também o reúso de águas residuárias.

A preocupação com a redução do consumo de água nas regiões metropolitanas, o consequente aumento dos custos de produção e a distribuição de água para o abastecimento das grandes cidades têm mobilizado a sociedade organizada na busca de soluções alternativas que minimizem a aplicação de procedimentos indesejáveis de racionamento e que propiciem o fornecimento urbano de água conforme os princípios de desenvolvimento sustentável. (GONÇALVES, 2007)

De acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2010), para restabelecer o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico-social, é necessário desenvolver métodos e sistemas alternativos modernos para serem aplicados de acordo com as características dos sistemas e dos centros específicos de produção.

Assim, segundo Santos (2002) a conservação de água envolve, portanto, a adequação da demanda e a utilização de ofertas alternativas de água, que empregam água menos nobre para finalidades menos nobres.

3.3.1 Conservação de Água nas Edificações

As edificações são grandes consumidoras dos recursos naturais, consumindo 16% do fornecimento mundial de água potável (WINES, 2000). Este consumo sendo feito de maneira mais racional pode significar um impacto positivo no caminho do consumo sustentável de água.

Segundo Lunardi *et al.* (2014) as edificações oferecem grande diversidade de atividades em que águas menos nobre podem ser usadas, destacando-se os usos para irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos de garagem e carros, descargas em bacias sanitárias, água de reposição em torres de resfriamento e lavagem de

roupas. Estas atividades representam grande parte da demanda de edifícios residenciais e comerciais, tornando o estudo e implantação de um sistema de reúso uma proposta interessante financeiramente.

O uso de fontes alternativas se apresenta como uma opção ecologicamente correta e dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável para suprir demandas de água menos nobres.

Para melhorar o desempenho dos edifícios, Larsson (2001) cita a redução tanto no uso dos recursos quanto nos custos de operação como estratégia para melhorar o desempenho dos edifícios. Com isso na última década uma nova geração de edifícios surge com foco na melhoria da qualidade de vida do usuário e da sustentabilidade do ambiente. Esses edifícios são denominados green buildings ou edifícios verdes, que apresentam características que potencializam a eficiência ambiental da edificação, destacando-se o uso racional da água e a conservação da energia.

Cook *et al.* (2014) citam que os edifícios comerciais apesar de fundamentais para cidades contribuem significativamente para a demanda urbana de água. Portanto, em se tratando de edifícios é importante que se avalie a demanda de água necessária e a possibilidade de fontes alternativas para finalidades menos nobres de modo a preservar as fontes de fornecimento existentes. Para isso é extremamente importante que seja feito um planejamento sistêmico levando-se em consideração o sistema hidráulico, usuários e atividades consumidoras de água para que os objetivos traçados sejam alcançados (KALBUSCH, 2006 e BONI, 2009).

De acordo com Goulart (2008); Gois *et al.*, 2014; Cook *et al.*, 2014; Toze, 2006, os projetos de construções sustentáveis devem:

- Minimizar a demanda de água adequada para o consumo;
- Minimizar a quantidade de água usada, a ser tratada em sistemas mecânicos convencionais;
- Minimizar a produção de resíduos sólidos, particularmente aqueles não classificados.

Resultados já alcançados com diversas medidas de conservação de água indicam que é possível atingir percentuais de economia da ordem de 15 a 30% (GONÇALVES, 2006) e até 80% de economia conforme descrito por Boni (2009).

Dentre as várias estratégias para o uso sustentável de água nas edificações já citadas, a reutilização de águas residuárias vem sendo bastante usada como alternativa tecnológica para minimização do consumo de água (ORNELAS *et al.*, 2005).

Com isso, a implantação de programas de conservação de água em edifícios vem crescendo nos últimos anos, envolvendo entidades públicas e privadas e induzindo o desenvolvimento de novas metodologias e tecnologias e dentre as quais se destacam a medição individualizada, a utilização de dispositivos economizadores como uma das principais medidas de conservação do uso da água (MARTINS; MEMELI, 2011).

3.3.2 Técnicas e Medidas de Conservação de Água

O uso racional de água tem foco na demanda, e o objetivo é combater o desperdício quantitativo utilizando, por exemplo, equipamentos sanitários economizadores de água, o incentivo à adoção da medição individualizada e a detecção e controle de perdas de água no sistema predial. A conservação de água envolve, portanto, a adequação da demanda e a utilização de ofertas alternativas de água, que empregam água menos nobre para fins menos nobres (SANTOS, 2000).

Diversos programas de conservação de água já foram implantados, como o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de água (PNCDA), o qual apoia projetos de combate ao desperdício de água; o Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos / Semi-árido (PROÁGUA/ Semi-árido) que tem por objetivo o incentivo a captação de água de chuva no semi-árido brasileiro; e o Programa de Pesquisa em Saneamento (PROSAB) , que apoia o desenvolvimento de pesquisas e o aperfeiçoamento de tecnologias nas áreas de abastecimento, águas residuárias e resíduos sólidos como objetivo de proporcionar a melhoria das condições de vida da população brasileira, em especial as classes menos favorecidas.

Apoiar e aprimorar técnicas de reuso da água, reduzir o desperdício pelos diferentes setores usuários (na irrigação, na indústria, na distribuição e no consumo residencial, por exemplo), além de implementar ações de conservação de mananciais são medidas, entre outras, que devem ser priorizadas e fomentadas.

Além disso, o investimento em infraestrutura com foco na segurança hídrica também deve ser priorizado, de forma a garantir maior capacidade de reservação e de acesso à água (ANA, 2014).

3.3.3 Indicadores de Consumo de Água

Uma das formas mais usadas por pesquisadores nacionais e internacionais para se avaliar o consumo de água é através da determinação do índice de consumo, que representa o consumo de água de uma pessoa por dia.

De acordo com relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o ano de 2013, o índice de consumo médio no Brasil foi de 166,3 litros/pessoa por dia. A Tabela 1 mostra os índices de consumo apresentados para as cinco regiões brasileiras. Observa-se que o Sudeste é a região que mais consome água (194,0 litros/pessoa por dia) enquanto o nordeste, que é a região com menor disponibilidade hídrica, possui o menor consumo de água *per capita* (125,8 litros/ pessoa por dia).

TABELA 1 - CONSUMO PER CAPITA DO BRASIL E POR REGIÕES.

Região	Consumo <i>per capita</i> 2013 (l/hab.d)
Norte	155,8
Nordeste	125,8
Sudeste	194
Sul	149,9
Centro-Oeste	160,7
Brasil	166,3

Fonte: Adaptado SNIS, 2013.

Outras pesquisas realizadas no Brasil apontam diferentes índices de consumo por região, classe social e tipologia da edificação. Para o setor comercial por exemplo, Tomaz (2000) apontou uma demanda média de água para edifícios de escritório de 65 litros/empregado por dia, ou 4 litros/m² por dia. Entretanto, o consumo per capita para prédios públicos em Florianópolis, levantados por Kammers e Ghisi (2006), variaram de 28 a 40 litros/pessoa por dia. SABESP (2006) aponta um consumo de 50 litros/pessoa por dia para prédios públicos e comerciais, sendo esse mais próximo ao valor encontrado por Kammers e Ghisi (2006).

O consumo de água pelo setor comercial de uma cidade envolve sua utilização em diversos segmentos, como escritórios, lojas, restaurantes, cinemas, hotéis etc. Neto

(2003) apresenta os usos finais em diferentes tipos de edificação mostrando os consumos em função da atividade relacionada. Os usos finais estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2 - COEFICIENTES DE CONSUMO DE ÁGUA EM DIFERENTES TIPOS DE EDIFÍCIOS.

TIPOLOGIA DE EDIFÍCIO	COEFICIENTES DE CONSUMO (Consumos médios diários de água)
Escritórios comerciais	50 L/pessoa.dia
Restaurantes	25 L/refeição
Hoteis/ pensões	10 L/hóspede.dia
Lavanderias	30 L/kg roupa
Hospitais	250 L/leito.dia
Garagens	50 L/veículo.dia
Postos de serviços para veículos	150 L/veículo.dia
Indústrias (usos sanitários)	70 L/operário.dia
Matadouros - animais de grande porte	300 L/cabeça abatida
Matadouros - animais de pequeno porte	150 L/cabeça abatida
Laticínios	1 - 5 L/Kg de produto
Curtumes	50 - 60 L/Kg de couro
Fábrica de papel	100 - 400 L/Kg de papel
Tecelagem (sem alvejamento)	10 - 20 L/Kg de tecido

Fonte: Adaptado Neto (2003).

Um estudo realizado por Kammers e Ghisi (2006) através da análise dos usos finais de água potável em dez edifícios públicos localizados em Florianópolis, verificaram que os maiores consumos de água ocorreram em vasos sanitários e mictórios, concluindo que, em média, 77% da água utilizada nos edifícios estudados não necessita ser potável.

3.4 CARACTERÍSTICAS DOS ESGOTOS SANITÁRIOS

Segundo a NBR 9648 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), o esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Eles provêm principalmente de residências, edifícios comerciais ou quaisquer edificações que contenham dispositivos de utilização de águas para fins domésticos. É composto essencialmente de água de banho, urina, fezes, restos de comida, detergentes e águas de lavagem. São constituídos, aproximadamente, de 99,9% de líquido e 0,1% de sólido.

Lunardi *et al* (2014), citam como constituintes do esgoto doméstico:

- Sabões e detergentes biodegradáveis e não biodegradáveis (a maioria dos detergentes contém o nutriente fósforo);

- Cloreto de sódio (7 a 15 g/hab/dia, eliminado através da urina);
- Fosfatos (1,5 g/hab/dia, eliminado através da urina);
- Sulfatos;
- Carbonatos;
- Ureia, amoníaco e ácido úrico (14 a 42 g/hab/dia);
- Gorduras;
- Ligamentos da carne e fibras vegetais não digeridas;
- Mucos, células de descamação epitelial;
- Vermes, bactérias, vírus, leveduras, entre outros.

Devido à presença de nutrientes como, por exemplo, nitrogênio e fósforo o esgoto sanitário pode apresentar grande vantagem para o reúso de água, principalmente pra uso em irrigação e piscicultura, por se tratarem de atividades em que a presença de nutrientes é essencial.

Além disso, os esgotos sanitários apresentam organismos patogênicos sendo de extrema importância a escolha adequada quanto ao sistema de tratamento para não comprometer a saúde dos operadores, usuários e a qualidade ambiental do local (LUNARDI *et al.* 2014).

3.5 PROCESSOS DE TRATAMENTO

A principal função de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais é minimizar o impacto ambiental das descargas de água não tratada em sistemas de água naturais. Além disso, quando empregado um tratamento terciário o efluente tratado pode ser reutilizados em aplicações não potáveis (MENESES, *et al.* 2010; DENIZ, *et al.* 2010).

A seleção da tecnologia mais adequada ao tratamento de águas residuárias é realizada com base na que melhor se adequa a realidade do local e suas instalações. Sendo a decisão tomada em relação ao nível de tratamento que deve ser aplicado em função das características físico-químicas da água residuária e os parâmetros exigidos pela legislação; nível de desenvolvimento da tecnologia, e os custos envolvidos (SOARES, 2007).

Geralmente o tratamento de esgoto sanitário engloba quatro etapas de tratamento, que podem ser implementadas de forma gradual e integradas, de acordo com o

objetivo de qualidade almejado. A primeira etapa é o tratamento preliminar, onde são utilizados gradeamento e desarenação (OLIVATTO, 2009); geralmente sucedida pela etapa de tratamento primário, cujo objetivo é a remoção de sólidos suspensos por sedimentação (etapa facultativa). O tratamento secundário constitui o tratamento biológico, que pode ser realizado pelas vias anaeróbia e aeróbia, e, por fim, o tratamento terciário que engloba os processos de filtração e desinfecção, etapa essa que é implementada principalmente quando o efluente tratado é destinado ao reúso e a desinfecção se faz necessária.

Os produtos que são formados nos processos de tratamento biológicos vêm a ser mais estáveis, tendo os efluentes industriais ou esgotos tratados um aspecto mais claro, com menores concentrações de microrganismos e de matéria orgânica (GIORDANO, 2004).

Quando da aplicação do reúso de água, o tratamento segundo Metcalf & Eddy (2007) é projetado de acordo com o tipo de tratamento necessário e o grau de confiabilidade requerido para o sistema de tratamento. Outro fator importante é o estabelecer a vazão que será requisitada para o reúso, de tal maneira a possibilitar a determinação da vazão do efluente e assim poder-se projetar um sistema de tratamento personalizado, de acordo com as características individuais do empreendimento.

3.6 REUSO DE ÁGUA

O reúso de água é uma prática crescente em muitas regiões do mundo, mesmo em países que normalmente não tem problemas com escassez de água. Os países e regiões em que o reúso de água estão em ascensão incluem os EUA, Europa, Austrália e Israel, sendo que apenas nos EUA em 2006 houve um crescimento estimado de 15% ao ano (Wade Miller, 2006).

A crescente tendência de se realizar um uso mais eficiente dos recursos hídricos faz com que o reúso seja utilizado para atingir uma maior eficiência na reutilização de água, uma vez as águas residuárias seriam descartadas no ambiente após a utilização (Toze, 2006).

Segundo Peters (2006), a prática do reúso diminui o volume de águas residuárias lançadas no solo e na rede pública. Essas águas, tratadas, podem ser utilizadas

para atender os fins potáveis e não potáveis. Para os usos potáveis necessita-se de um padrão de qualidade elevado e, por consequência, controle e tratamento mais rigorosos e onerosos, podendo o elevado custo inviabilizar o esse reuso potável. Todavia, os usos não potáveis são mais viáveis por exigirem menor qualidade em seu tratamento.

Para Gonçalves (2006) os usos considerados como mais viáveis para as águas de fontes alternativas são descargas sanitárias, descargas de mictórios, lavagem de pátios, lavagem de carros e irrigação de jardins.

Mendonça (2004) relata em seu trabalho que, em Tóquio no Japão, o reúso da água cinza tratada é altamente difundido e aplicado a mais de duas décadas. Somente em descarga de vaso sanitário o Japão economizou em 1995 cerca de 970.000 m³/ano.

Para tal finalidade as estações biológicas de tratamento de efluentes têm passado por grande evolução. Isso tem resultado em significativos avanços com aumento de eficiência, redução de espaço físico requerido e diversificação das possibilidades de tratamento, incluindo o reúso (METCALF; EDDY, 2007).

Embora no Brasil as diretrizes legais relacionadas ao reúso ainda estejam em fase de desenvolvimento, instrumentos legais voltados ao reaproveitamento de água está cada vez mais inseridos nas políticas públicas, mas sua aplicabilidade não está garantida diante da simples criação de leis (MENDONÇA, 2004; SILVA; GONÇALVES 2012). Em razão desse fato, são considerados os critérios sugeridos para reúso de água da NBR 13969/1997 da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Essa norma aborda claramente o tema e sugere alguns padrões que variam de acordo com a finalidade e classes de água.

De acordo com a NBR 13969/1997, esgoto de origem doméstica ou com características similares, devem ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável e para isso define as critérios para reúso e finalidade de uso de acordo com a classificação, conforme pode ser visualizado no Quadro 1.

Classe	Finalidade	Parâmetros para reúso
Classe 1	Lavagem de carros e chafarizes	Turbidez ≤ 5 NTU Coliforme fecal = ≤ 200 NMP/100 ml Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/L pH entre 6,0 – 8,0 Cloro residual entre 0,5 – 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas, irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Turbidez ≤ 5 NTU Coliforme fecal = ≤ 500 NMP/100 ml Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/L pH entre 6,0 – 8,0 Cloro residual $\geq 0,5$ mg/L
Classe 3	Descarga de vasos sanitários	Turbidez ≤ 5 NTU Coliforme fecal = ≤ 500 NMP/100 ml Sólidos dissolvidos totais < 200 mg/L pH entre 6,0 – 8,0 Cloro residual entre 0,5 – 1,5 mg/L

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DA ÁGUA DE REÚSO QUANTO AO USO E OS PARÂMETROS PARA ENQUADRAMENTO.

Para Gonçalves (2006), a utilização de fontes alternativas de água nas edificações se consolidará no Brasil como uma prática usual se houver:

- Regulamentação técnica adequada, para minimizar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente;
- Divulgação permanente de experiências e dos mais recentes desenvolvimentos tecnológicos;
- Disponibilização de serviços e equipamentos compatíveis com o mercado habitacional brasileiro.

3.7 VIABILIDADE ECONÔMICA

Segundo Gonçalves (2006), o reúso de águas gera diversos benefícios, podendo sob a perspectiva das edificações, resultar em economia de água potável, energia elétrica e redução da vazão de esgoto sanitário lançados. E sob uma perspectiva macro, resultar na preservação dos mananciais em razão da diminuição no volume de água captada, redução do lançamento de esgoto sanitário nas áreas urbanas, e também por reduzir o consumo de energia elétrica.

Assim, sistemas de reúso de água podem gerar economia financeira quanto ao consumo de água potável e lançamento de esgotos, e para avaliar tal economia de acordo com (FRANCI, 2011) é extremamente importante detalhar os custos envolvidos para implantação, funcionamento e manutenção desses sistemas, uma vez que a finalidade é verificar se os benefícios gerados com o investimento compensam os gastos realizados e assim determinar se a proposta do reúso é viável economicamente.

Para investir é necessário realizar um desembolso presente buscando construir um fluxo de caixa futuro para avaliar a viabilidade de determinado investimento (BRUNI; FAMÁ, 2007). Esse processo acontece em três etapas, onde a primeira consiste em conhecer o investimento inicial com a finalidade de se ter o valor a ser desembolsado no momento zero (SOUSA, 2007). A segunda etapa refere-se à análise dos fluxos de caixa, sendo pontuadas entradas e saídas de recursos e a terceira e última etapa é a aplicação das técnicas de avaliação da viabilidade.

Analisar os fluxos de caixa, de acordo com Bruni e Famá (2007) é o ponto principal do processo de tomada e compreensão das decisões financeiras. Já para Sousa (2007), a elaboração do fluxo de caixa deve ser feita considerando-se o custo de oportunidade. Custos de oportunidade representam o custo potencial relacionado com alternativa de investimento, sendo normalmente aplicada a taxa de juros praticada no mercado financeiro para fundos de investimentos (VALLE, 2005). Assim, para ser aceito o investimento deve prover uma taxa de rentabilidade superior à taxa do mercado financeiro, denominada taxa de atratividade.

Dentre as diversas técnicas aplicadas para análise de viabilidade de projetos e empreendimentos, as mais comumente utilizadas estão descritas a seguir.

3.7.1 Valor Presente Líquido (VPL)

Segundo Hastenreiter (2011); Franci (2011) Hirschfeld (2000), o método do VPL tem como objetivo trazer a valor presente o valor desembolsado no instante zero, usando um fluxo de caixa descontado por uma taxa de juros atrativa. Assim, um valor positivo indica que o investimento será recuperado e um valor negativo indica que o investimento no mercado financeiro será mais atrativo do que investir em tal empreendimento. Empreendimentos com VPL igual a zero podem ser ou não aceitos.

Para Valle (2005) o VPL é o método mais indicado porque reconhece o valor das receitas trazidas a valor presente, descontando-se o valor presente das despesas, ao invés de se avaliar apenas os custos de implantação de um empreendimento sem considerar as receitas ao longo do tempo.

3.7.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é a taxa de desconto que torna o VPL igual a zero, ou seja, é a taxa que iguala o valor presente das receitas com o investimento inicial do empreendimento.

Segundo Franci (2011) a TIR é uma taxa expressa em percentual que indica o retorno em um dado período (ano, mês etc.) de um dado investimento. Portanto corresponde a uma taxa que remunera o valor investido, e quando superior ao custo de oportunidade (taxa de atratividade) do empreendimento, este deve ser aceito.

O critério para tomada de decisão de investimentos com base no método da TIR ocorre da seguinte forma:

- TIR maior que a taxa mínima de atratividade, o projeto deve ser aceito;
- TIR igual a taxa mínima de atratividade, torna-se indiferente a aceitação ou não do projeto;
- TIR menor que a taxa mínima de atratividade, o projeto não deve ser aceito.

Gomes (2005) *apud* Franci (2011) e afirma que a TIR é o indicador mais utilizado pelos analistas econômicos em avaliação da viabilidade de um determinado investimento, já que através da TIR o se pode ter uma idéia da rentabilidade do projeto, comparando-a com a Taxa Mínima de Atratividade do mercado. Essa avaliação não se aplica ao método do VPL, já que mesmo sendo positivo, não é possível saber, diretamente, o nível de atratividade do investimento.

3.7.3 Payback simples e Payback descontado

Payback é o prazo para recuperação ou liquidez do investimento. Segundo Valle (2005) é o tempo necessário para que os fluxos de caixa positivos se igualem aos fluxos de caixa negativos onde a partir desse ponto os benefícios advindos do investimento cobrem os custos. Normalmente o payback é expresso em anos e

calculado de maneira simples desconsiderando a taxa de juros (Payback simples) ou usando o fluxo de caixa descontando a taxa de juros (Payback descontado).

Dessa forma a avaliação da viabilidade de um empreendimento usando Payback se dá da seguinte forma:

- Se o payback simples for menor que o prazo máximo de recuperação do investimento, o projeto deve ser aceito.
- Se for igual ao prazo de recuperação do capital investido, é indiferente aceitar ou não o projeto.
- Se for maior o projeto não deve ser aceito.

De acordo com Gonçalves, Ioshimoto e Oliveira (1999) apud Ywashima (2005), é altamente recomendável o emprego do *payback descontado* (período de amortização dinâmico) para a avaliação econômica de investimentos realizados na implementação do programa de uso racional da água.

4 METODOLOGIA

A pesquisa é um estudo de caso realizado através do monitoramento do consumo de água e produção de esgoto sanitário e realização do balanço hídrico de um edifício corporativo de grande porte localizado em Vitória, ES. O edifício é dotado de sistema de reuso de esgoto sanitário para descarga em bacias sanitárias, irrigação e torres de arrefecimento de água (torres de resfriamento). Além do estudo de conservação de água também foi realizada a avaliação dos custos de implantação, operação e manutenção do sistema de reuso predial.

4.1 APLICAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho foi realizado em um edifício corporativo de grande porte localizado em Vitória-ES, onde está inserida a Estação de Tratamento de Esgotos com Reuso (ETE+R) e é operada pela empresa Comau do Brasil Ltda como parte do escopo contratual da gestão de facilities predial.

Os dados apresentados nesse estudo foram obtidos através do monitoramento do consumo de água, produção e tratamento de esgoto, balanço hídrico, bem como

também os custos operacionais do sistema no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2013.

4.2 ASPECTOS DA EDIFICAÇÃO

4.2.1 Descrição do Complexo de Edificações

O edifício estudado está localizado na região metropolitana de Vitória em umas das principais vias do município. A Figura 1 apresenta a localização e uma vista aérea do edifício.



FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA REGIÃO METROPOLITANA DE VITÓRIA COM DESTAQUE PARA O EDIFÍCIO.

Fonte: Google Earth, 2012. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>> Acesso em 03/12/2012.

A área total ocupada são 91.042 m² da qual sua concepção arquitetônica e métodos de construção foram projetados objetivando maior conforto ambiental e estético. A infraestrutura é baseada em funcionalidade, facilidade de acesso e preocupação com a eficiência energética, respeito ao meio ambiente e utilização de sistemas que evitem o desperdício de materiais.

A área construída ocupa 1/3 da área total, aproximadamente 30.330 m², e é composta por um conjunto de prédios organizados conforme a Tabela 3. Além dos prédios a sede ainda conta com arruamentos, estacionamentos externos e uma área de paisagismo que ocupa uma área de 34.500 m².

A população fixa do edifício conta com aproximadamente 1700 pessoas com a previsão de 400 pessoas visitantes por dia.

TABELA 3 - DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO ESTUDADO EM VITÓRIA-ES.

Torre	Prédio	Nº de Pavimentos	Atividades
Oeste	Bloco 1	11	Portaria/ Escritórios/ Salas de reuniões/ 4 subsolos (estacionamento)/ Vestiários/ Área técnica na cobertura
	Bloco 2	11	Escritórios/ Posto médico/ Área técnica na cobertura
Leste	Bloco 3	13	Escritórios/ Litoteca/ Área técnica na cobertura
	Bloco 4	13	Portaria/ Escritórios/ Laboratório de rochas/ 6 subsolos (estacionamento)/ Vestiários/ Área técnica na cobertura
Bloco Central	-	4	Praça dos bancos (térreo)/ Escritórios e salas de reunião/ Auditório para 400 pessoas/ Vestiários/ Área técnica na cobertura
Data Center	-	3	Escritório/ CPD/ Telecomunicações/ Área técnica na cobertura
CGI	-	3	Escritórios/ Área técnica na cobertura
Central de Utilidades	Doca 1/ Doca 2/ Doca 3	-	Escritórios/ Almoxxarifados/ Central de água gelada/ Central de resíduos/ ETE/ Reservatórios de água
Restaurante	-	3	Restaurante/ Refeitório/ Vestiários

Fonte: Esta pesquisa.

4.2.2 Sistema Hidro-sanitário

O fornecimento de água potável é feito através de rede pública pela Companhia Espírito Santense de Saneamento – CESAN, onde é abastecido um conjunto de reservatórios de água de conforto (potável) e reserva técnica de incêndio (RTI), cujo volume total são de 800 m³ e serve de reserva para demandas de pico. O consumo total de água estimado são 350 m³/dia de água potável e 150 m³/dia de água não potável.

Os esgotos sanitários oriundos das instalações sanitárias dos prédios, cozinhas do restaurante e refeitório são reunidos nos pavimentos por ramais de esgoto e de gordura, e são conduzidos para as redes coletoras localizadas na área externa e na sequência são direcionados à estação elevatória de esgoto (EEE).

O edifício possui uma Estação de Tratamento de Esgotos com Reúso (ETE+R), que recebe os esgotos das instalações sanitárias, vestiários, drenos de Fun coil, cozinhas do restaurante e refeitório. Todo esgoto produzido é tratado, gerando água recuperada para reúso em bacias sanitárias, irrigação da área verde e arrefecimento do sistema de ar condicionado. A água de reúso produzida é armazenada em reservatórios de água de reúso conforme distribuição descrita abaixo:

- 02 reservatórios de água de reúso para vasos sanitários com volume de 100 m³ cada;
- 02 reservatórios de água de reúso para irrigação com volume de 60 m³ cada;
- 02 reservatórios de água de reúso para sistema de refrigeração (torres de resfriamento) com volume de 220 m³ cada.

Esses reservatórios também são abastecidos com água potável, para suprir a demanda diária de consumo da edificação.

Os parâmetros de consumo total de água estão descritos na Tabela 4 e o fluxo de abastecimento de água potável e reúso da edificação está representado na Figura 2.

TABELA 4 - DEMANDA DE ÁGUA POTÁVEL E ÁGUA DE REÚSO DA EDIFICAÇÃO.

Item	Descrição	Und	Quantidade	Per Capita (L/und.d)	Demanda de água (L/d)		
					Água potável	Água reúso	Total
Escritórios							
1	Vasos sanitários	pessoa	1.500	25	0	37.500	
	Outros	pessoa	1.500	50	75.000	0	
Subtotal 1							112.500
Irrigação							
2	Jardinagem	m ²	34.500	2,33	23.000	57.500	
	Subtotal 2						
Restaurante							
3	Refeições	ref	1.500	50	75.000	0	
	Subtotal 3						
Ar condicionado							
4	Evaporação	h	8	29.000	177.000	55.000	
	Subtotal 4						
5	Total	L/d	-	-	350.000	150.000	

Fonte: FLUIR Engenharia Ambiental (2011).

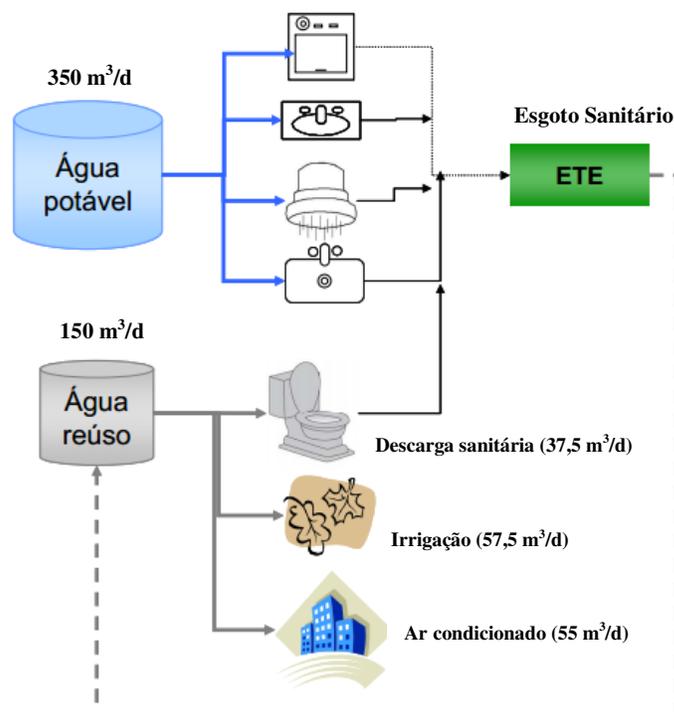


FIGURA 3 - FLUXO DE ÁGUA POTÁVEL E REÚSO PARA ABASTECIMENTO DA EDIFICAÇÃO.

Fonte: Adaptado de FLUIR Engenharia Ambiental, 2011.

4.2.3 Descrição da Estação de Tratamento de Esgotos com Reúso (ETE+R)

Localizada na Central de Utilidades do edifício, a Estação de Tratamento de Efluentes com Reúso (ETE+R) foi projetada e construída pela FLUIR Engenharia Ambiental e teve sua partida em Agosto de 2011. A estação trata esgoto sanitário bruto produzido nos prédios que integram a sede corporativa da empresa.

A estação implantada no edifício é resultado dos estudos mais recentes da última década sobre tratamento de águas residuárias com vista à prática do reúso. A ETE+R é uma estação compacta, o que possibilita sua instalação em edifícios, shoppings, hotéis e demais áreas com oferta reduzida de espaço. Além disso, o sistema de funcionamento é todo automatizado demandando menor tempo e custo de operação.

Todo o funcionamento de bombas e válvulas é controlado por um PLC (Programador Lógico Programável) e acompanhado através de um painel IHM (Interface Homem Máquina) do qual é possível alterar parte da programação do funcionamento, verificar horímetro de funcionamento de bombas, lâmpadas ultravioleta, status de funcionamento e falha de equipamentos, volume de esgoto que abastece a ETE, retrolavagem de filtros, e ainda monitorar parâmetros físico-químicos para a qualidade da água de reúso produzida através de analisadores de pH, turbidez e cloro residual instalados no processo de produção de água de reúso.

A ETE+R é composta por:

- Pré-tratamento: constituído por gradeamento e desarenador;
- Tratamento secundário: constituído por uma associação em série de um conjunto com dois reatores anaeróbio compartimentado (RAC) e filtro biológico com decantador;
- Tratamento terciário: constituído por filtração e sistemas de desinfecção por cloração e ultravioleta; sistema de gerenciamento do lodo e queimador de biogás, conforme esquema apresentado na Figura 3.

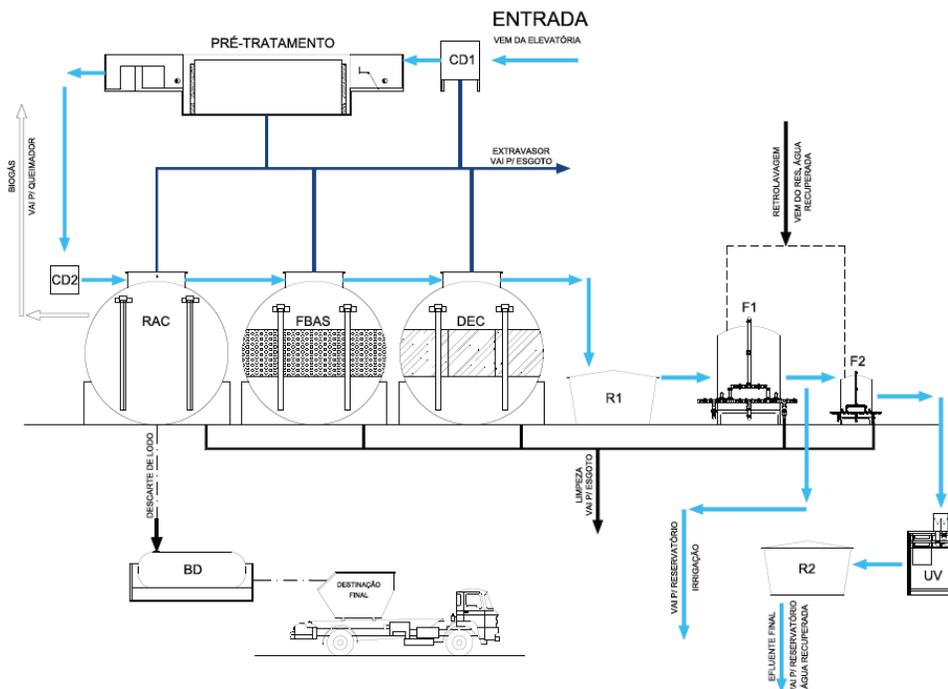


FIGURA 4 - FLUXOGRAMA DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM REÚSO, INDICANDO A SEQUÊNCIA DO PROCESSO DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES SANITÁRIOS GERADOS NA EDIFICAÇÃO.

Fonte: FLUIR Engenharia Ambiental, 2011.

4.2.3.1 Dimensionamento da ETE+R

O sistema possui capacidade nominal de $280 \text{ m}^3/\text{d}$ ($6,48 \text{ L/s}$), com um período de produção de esgoto de 12 horas, uma vez que se trata de uma edificação corporativa. A vazão máxima é de $12,96 \text{ L/s}$.

4.2.3.2 RAC – Reator anaeróbio compartimentado

O sistema é composto por dois reatores anaeróbios compartimentados (RAC), ambos divididos em três câmaras e projetados em dois tanques cilíndricos horizontais com volume útil de $81,6 \text{ m}^3$ cada, vazão de $23,33 \text{ m}^3/\text{h}$ e tempo de detenção hidráulica de 7 horas.

A eficiência mínima de remoção de DBO do RAC gira em torno de 76% e 64% para remoção de DQO. Com isso considerando uma vazão média de esgotos sanitários de $280 \text{ m}^3/\text{d}$ (FLUIR ENGENHARIA, 2001) e as concentrações médias de 225 mg/L de DBO e 530 mg/L de DQO no esgoto bruto, as cargas orgânicas em termos de DBO e DQO afluentes e efluentes ao RAC são:

- Carga orgânica de DBO afluente = $98 \text{ kgDBO}/\text{dia}$

- Carga orgânica de DBO efluente = 29,4 kgDBO/dia
- Carga orgânica de DQO afluente = 168 kgDBO/dia
- Carga orgânica de DQO efluente = 75,6 kgDBO/dia

4.2.3.3 FBAS – Filtro biológico aerado e decantador secundário

O efluente do reator anaeróbio é levado por gravidade para o FBAS, para remoção da matéria orgânica remanescente. O efluente produzido no FBAS deve apresentar apresenta boa clarificação e o biofilme de excesso liberado junto com o efluente para o decantador secundário de onde é bombeado automaticamente a cada 3 horas para o compartimento 1 do RAC, para ser adensado e digerido pela via anaeróbia, não sendo necessário a lavagem periódica do filtro biológico.

O FBAS e o decantador secundário foram construídos em formato cilíndrico horizontal, sendo o filtro biológico com um volume de 36,75 m³ e carga de DBO aplicada de 29,4 kg/DBO/d e o decantador secundário com 11,67 m³.

4.2.3.4 Filtros terciários e desinfecção da água de reúso

Após o tratamento secundário o efluente proveniente do decantador é bombeado para o sistema de filtração com a finalidade de produzir água de reúso.

A ETE+R possui quatro filtros compostos de areia e carvão ativado e dispostos em dois conjuntos. O primeiro conjunto de filtros (F1), produz água para reúso nas bacias sanitárias e irrigação, sendo a maior demanda da edificação. Portanto, os filtros apresentam uma vazão nominal de 12 m³/h por filtro. O segundo conjunto de filtros (F2), também composto por dois filtros, produzem água de reúso para o sistema de refrigeração, que possui uma demanda menor de água de reúso, apresentando assim uma vazão nominal e 3 m³/h.

Após a filtração o efluente passa pelo sistema de desinfecção, que pode ser por cloração com pastilhas de hipoclorito de cálcio, usado para realizar a desinfecção da água direcionada para o uso em bacias sanitárias e irrigação. O outro sistema de desinfecção se dá através do uso de lâmpadas ultravioleta e é usado para realizar a desinfecção da água usada no sistema de ar condicionado (torres de resfriamento).

Após a filtração a água de reúso produzida é monitorada quanto aos parâmetros físico-químicos como pH, turbidez e cloro residual para as águas produzidas no

primeiro conjunto de filtros (F1) e apenas turbidez para as águas produzidas no segundo conjunto de filtros (F2).

O controle dos parâmetros é realizado por instrumentos de medição instalados no processo como (Figura 4) medidor de pH modelo pH 2000 da marca Actron; medidor de turbidez online modelo TOL 2 da marca Policontrol e medidor de cloro residual modelo 8b-CLR da marca Actron. Esses instrumentos se comunicam com o CLP que comanda o fechamento e abertura das válvulas de acionamento automático, indicando o direcionamento da água residuária tratada para os reservatórios de reúso ou o descarte na rede de esgoto da cidade. O CLP é programado para classificar a água como apta ao reúso ou descarte, com base na classificação da água para reúso e padrões para lançamentos de efluentes conforme cita a NBR 13969:1997 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), cujo enquadramento e critérios encontram-se descritos na Tabela 5.



FIGURA 5 - ETE+R COM DESTAQUE PARA OS MEDIDORES DE TURBIDEZ, PH E CLORO RESIDUAL INSTALADOS NA LINHA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO PARA IRRIGAÇÃO E BACIAS SANITÁRIAS E AO LADO OS DOIS CONJUNTOS DE FILTROS DE CARVÃO ATIVADO E AREIA.

TABELA 5 - PADRÕES DE QUALIDADE PARA LANÇAMENTOS DE EFLUENTES.

Parâmetro	Unidade	Padrão NBR 13969:1997	
		Classe 2	Classe 3
Turbidez	UNT	≤ 5,0	≤ 5,0
Coliformes fecais	NMP/100mL	≤ 500	≤ 5,0
Cloro residual	mg/L	≥ 0,5	-

Fonte: ABNT NBR 13969/1997.

4.3 CONSUMO DE ÁGUA

4.3.1 Monitoramento do Consumo de Água

O monitoramento do consumo de água foi realizado usando os hidrômetros já existentes no edifício e também através do hidrômetro da concessionária.

Para esse estudo foram monitorados os consumos de água potável, água de reúso (AR para bacias sanitárias e irrigação + AR para sistema de refrigeração) e o consumo de água total (AP + AR). O sistema de monitoramento do consumo de água do edifício está detalhado na Tabela 6, que apresenta a identificação de cada um dos três hidrômetros, sua localização e o parâmetro monitorado.

TABELA 6 - HIDRÔMETROS QUE COMPÕEM O SISTEMA DE MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA DO EDIFÍCIO.

Identificação	Localização	Parâmetro monitorado
K11SV0076	Av. Nossa Senhora da Penha	AP consumida
HID-CUT-ETE-02	ETE+R	AR bacias sanitárias e irrigação
HID-CUT-ETE-03	ETE+R	AR torres de resfriamento

K11SV0076 hidrômetro instalado pela concessionária de água CESAN.

O consumo de água foi monitorado por meio de leituras diárias dos hidrômetros da edificação, sempre às 00:00 h, com o objetivo de se obter o perfil de consumo 24h durante 12 meses. Os hidrômetros usados no monitoramento estão ilustrados na Figura 6.



FIGURA 6 - HIDRÔMETROS USADOS NO MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA INSTALADOS NA ETE+R PARA MEDIÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA DE REÚSO.

4.3.2 Cálculo dos Indicadores

A partir do monitoramento do consumo de água serão avaliados os indicadores de consumo de água *per capita* e por área.

4.3.2.1 Indicador de consumo de água per capita

Para o cálculo do indicador foi usado o número fixo de habitantes, sendo 1700 funcionários diretos e indiretos e aproximadamente 400 visitantes por dia. Esses dados foram informados pelas diferentes gerências atuantes na sede.

O indicador de consumo de água per capita ($IC_{per\ capita}$) é definido como o volume de água consumido por pessoa por dia e foi calculado a partir da Equação 1 (MARTINS e MEMELI, 2011).

$$IC_{per\ capita} = \frac{C}{Pop} \quad (1)$$

Onde,

$IC_{per\ capita}$ é o indicador de consumo per capita de água (L/pes.d);

C é o consumo diário médio de água do edifício (L/d); e

Pop é a população (moradores e funcionários) do edifício (pes).

Os indicadores de consumo *per capita* de água potável ($IC_{AP\ per\ capita}$), de água de reúso ($IC_{AR\ per\ capita}$) e de água total ($IC_{AT\ per\ capita}$), também foram calculados a partir da Equação 1 de acordo com a variação dos respectivos consumos.

4.3.2.2 Indicador de consumo de água por área

O indicador de consumo de água por área é definido como o volume de água consumida por área e foi calculado a partir da Equação 2.

$$IC_{\text{por área}} = \frac{C}{m^2} \quad (2)$$

Onde,

$IC_{\text{por área}}$ é o indicador de consumo de água por área (L/m².d);

C é o consumo diário médio de água do edifício (L/d); e

m^2 é a área computável da edificação.

Os indicadores de consumo de água potável ($IC_{AP \text{ por área}}$), de água de reúso ($IC_{AR \text{ por área}}$) e de água total ($IC_{AT \text{ por área}}$), também foram calculados a partir da Equação 2 de acordo com a variação dos seus respectivos consumos.

4.3.3 Avaliação do Impacto da Redução do Consumo de Água Potável

A avaliação do impacto de redução do consumo de água potável no edifício monitorado foi realizada através da análise dos indicadores de consumo *per capita* de água potável e de água total do edifício em estudo, usando a Equação 3.

$$IR_{\text{per capita}} = \frac{IC_{AT \text{ per capita}} - IC_{AP \text{ per capita}}}{IC_{AT \text{ per capita}}} \times 100 \quad (3)$$

Onde,

$IR_{\text{per capita}}$ corresponde ao impacto de redução do consumo *per capita* de água (%);

IC_{AT} corresponde ao indicador de consumo *per capita* de água total (l/hab.d); e

$IC_{AP \text{ per capita}}$ corresponde ao indicador de consumo *per capita* de água potável (l/hab.d).

4.4 PRODUÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO

4.4.1 Monitoramento da Produção de Esgoto Sanitário

O volume de esgoto sanitário produzido no edifício foi monitorado através de leituras diárias do volume de esgoto sanitário registrado no hidrômetro instalado na entrada da ETE+R (Figura 7). As leituras foram realizadas em perfis de 24 horas, sendo realizadas diariamente às 00:00 h.



FIGURA 7 - HIDRÔMETRO USADO PARA MONITORAMENTO DO VOLUME DE ESGOTO SANITÁRIO PRODUZIDO NA EDIFICAÇÃO.

4.4.2 Avaliação do Impacto do Reuso na Produção de Esgoto

A avaliação do impacto do reuso na redução de esgoto sanitário lançado na rede coletora foi realizada durante 12 meses com base nos indicadores de produção per capita de esgoto sanitário total e de água de reuso produzida na ETE. Na situação sem reuso, todo o esgoto produzido foi lançado na rede coletora de esgoto. Assim, o impacto de redução do lançamento de esgoto na rede coletora foi obtido a partir da Equação 4.

$$(4) \quad IR = \frac{IP_{ES\ total} - IP_{ES\ Rede}}{IP_{ES\ total}} \times 100$$

Onde,

IR corresponde ao impacto de redução do lançamento de esgoto sanitário na rede (%);

$IP_{ES\ total}$ corresponde ao indicador de produção *per capita* de esgoto sanitário total (l/pessoa.d); $IP_{ES\ Rede}$ corresponde ao indicador de produção *per capita* de esgoto sanitário lançado na rede coletora, calculado pelo volume de ED_{total} subtraído do volume de $AR_{per\ capita}$ (l/pessoa.d).

4.5 BALANÇO HÍDRICO

4.5.1 Monitoramento

4.5.1.1 Cálculo do balanço hídrico

O cálculo do balanço hídrico foi realizado com base no consumo médio de água potável, no consumo médio de água total e a produção média de esgoto sanitário lançado na rede coletora do período de 12 meses de monitoramento.

4.5.1.2 Cálculo do coeficiente de retorno

A partir dos dados de monitoramento do consumo de água, da produção de esgoto sanitário e do balanço hídrico realizado, foi avaliado o coeficiente de retorno do edifício. O coeficiente de retorno é definido como a relação entre o esgoto doméstico lançado na rede pública de esgoto e a água consumida.

Foram calculados os coeficientes de retorno em relação ao consumo de água potável e ao de água total do edifício a partir das Equações 5 e 6.

$$(5) \quad C_{rAP} = \frac{P_{ES\ Rede}}{C_{AP}} =$$

Onde,

C_{AP} é o coeficiente de retorno em relação ao consumo de água potável;

$P_{ES\ Rede}$ é a produção média diária de esgoto sanitário lançado na rede coletora (l/d);

e

C_{AP} é o consumo médio diário de água potável do edifício (l/d).

$$C_{rAT} = \frac{P_{ES Rede}}{C_{AT}} \quad (6)$$

Onde,

C_{AT} é o coeficiente de retorno em relação ao consumo de água total;

$P_{ES Rede}$ é a produção média diária de esgoto sanitário lançado na rede coletora (l/d);

e

C_{AT} é o consumo médio diário de água total do edifício (l/d).

4.6 TRATAMENTO DOS DADOS

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando-se o software Excel, para a obtenção da estatística descritiva dos parâmetros analisados (média, mínimo, máximo, desvio-padrão e coeficiente de variação) e elaboração dos gráficos.

Foram elaborados gráficos para avaliação das séries históricas dos dados de consumos e produções diárias, gráfico de pizza para a demonstração da distribuição do consumo de água na edificação e também do tipo Box Plot para analisar os resultados referentes à variação do consumo ao longo da semana e dos meses monitorados.

Eventos extremos, como possíveis vazamentos, paradas de linha para manutenção, entre outros, nem sempre foram relatados pelo setor de manutenção e foram identificados com *outliers*, mas não desconsiderados dos cálculos dessa pesquisa por não se ter o histórico da razão da ocorrência desses eventos.

Os *outliers* foram identificados por meio do cálculo do IQR (Inter-Quartil), o qual é obtido através da diferença entre o 3º (Q3) e 1º quartil (Q1) e esses foram representados nos gráficos do tipo Box Plot. Foram identificados como *outliers* os números cuja diferença com o Q1 foi menor que valor de IQR ou a diferença com Q3 foi maior que IQR (Hawkins, 1980).

4.7 VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA DE REÚSO PREDIAL

O estudo de viabilidade econômica do sistema de reúso foi realizado em três etapas:

- Etapa 1: levantamento de informações sobre o investimento, histórico de despesas e consumos gerados pela ETE+R, histórico de aumento dos percentuais tarifários de água e energia;
- Etapa 2: construir e avaliar o fluxo de caixa mensal gerado pelo investimento;
- Etapa 3: elaboração de cenários para a viabilidade diante das condições propostas em cada cenário.

4.7.1 Levantamento de Informações (Etapa 1)

O levantamento de informações referente ao investimento inicial de compra da estação foi obtido junto à empresa FLUIR ENGENHARIA LTDA, responsável pela fabricação e montagem.

As séries históricas de despesas e consumo geradas pela ETE+R foram apresentadas pela a empresa responsável pela operação e manutenção da ETE+R. Além disso, também foram realizados levantamentos baseados em séries históricas de aumento dos percentuais tarifários junto às concessionárias locais de água e energia, de modo a possibilitar o cálculo do Fluxo de Caixa gerado pelo investimento. Para considerar o aumento nos valores de água e esgoto, foi utilizado como base as tabelas tarifárias de 2010 a 2014 da CESAN (Companhia Espírito Santense de Saneamento) para a categoria INDUSTRIAL, situada na região da Grande Vitória, a qual apresentou um aumento de 26,27% (faixa inicial de cobrança em 01/07/2010 igual a R\$4,91 para a referida faixa, e faixa inicial de cobrança em 01/07/2014 igual à R\$6,20). Sendo assim, neste estudo será considerado o percentual médio de aumento anual tarifário de 6,57% (fonte <http://www.cesan.com.br/servicos/atendimento-e-informacoes/tarifas-e-precos/>).

Para o cálculo do gasto de energia elétrica do sistema (no ano de 2013 e para simulação de cenários), foi considerado o valor do percentual anual de aumento da tarifa residencial da ESCELSA (Espírito Santo Centrais Elétricas S.A), companhia que gerencia o fornecimento de energia elétrica no Espírito Santo. Foi obtido um aumento anual médio de 5,45% no valor das tarifas residenciais, e utilizaremos o

mesmo percentual para cálculo do aumento anual industrial (fonte <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493&idPerfil=43>).

Devido às diferenças de reajustes dos sindicatos, para cálculo do aumento anual médio dos gastos com mão de obra será utilizado o percentual de 7%.

4.7.2 Elaboração e Avaliação do Fluxo de Caixa (Etapa 2)

Para o desenvolvimento do cálculo do Fluxo de Caixa foram subtraídas as receitas pelas despesas geradas mensalmente com base nos dados coletados em 2013, no entanto corrigidas ao ano de 2014.

Considerou-se como receita a economia proporcionada pela ETE+R através da substituição da água potável pela água de reúso produzida na estação. Sendo assim, para calcular a economia gerada pelo sistema objeto deste estudo, multiplicou-se a quantidade de metros cúbicos gerados pelo sistema ao longo do ano de 2013, pela tarifa de cobrança da CESAN categoria INDUSTRIAL vigente no ano de 2014 (Quadro 2).

Consumo Industrial – água + esgoto (m ³ /mês)		
0 - 10 m ³	R\$	12,40
11 - 15 m ³	R\$	12,78
16 - 20 m ³	R\$	13,88
21 - 30 m ³	R\$	14,02
31 - 50 m ³	R\$	14,38
> 50 m ³	R\$	14,64

QUADRO 2 - TARIFFAS PRATICADAS PARA CONSUMO INDUSTRIAL NO ANO DE 2014.

Fonte: <http://www.cesan.com.br/servicos/atendimento-e-informacoes/tarifas-e-precos/>.

Em seguida foi realizada a avaliação do Fluxo de Caixa Mensal gerado pelo investimento corrigindo os valores encontrados na coleta de dados para o ano de 2014, acompanhado da análise dos resultados.

4.7.3 Apresentação e Avaliação de Cenários (Etapa 3)

Para avaliar a viabilidade econômico-financeira foram elaborados três cenários para simular como seria o desempenho financeiro e o tempo de retorno do investimento (Payback). Os cenários propostos foram de produção de água de reúso referente a 50%, 75% e 100% de sua capacidade diária no ano de 2014.

Para isso foi considerado um cenário de 10 anos como um prazo aceitável para avaliar o comportamento do investimento ao longo do tempo. Sendo assim, foi necessário estimar o percentual anual de aumento de cada uma das fontes de despesas e receitas envolvidas, conforme citado no item 4.7.1.

Para análise da viabilidade econômica e financeira nos três cenários, foram utilizados os métodos de análise e avaliação de investimentos Valor Presente Líquido (VPL) e Payback Descontado e Taxa Interna de Retorno (TIR).

4.7.3.1 Valor presente líquido (VPL)

O VPL correspondendo ao somatório de todos os valores envolvidos nos períodos considerados, reduzidos ao instante considerado inicial, corrigidos pela taxa de juros, conforme representado na Equação 6. Assim, quanto maior o valor presente líquido, mais atrativo é considerado o investimento.

$$VPL = \left[\sum_{j=1}^n \frac{ben \cdot (1 + i_A)^j - cto \cdot (1 + i_E)^j}{(1 + i)^j} \right] - imp \quad (6)$$

Onde,

VPL é o valor presente líquido (R\$);

j é o índice que indica o período (ano) que está sendo avaliado;

n é o horizonte de planejamento, ou seja o número de períodos avaliados;

ben é a economia promovida pelo sistema de reúso (R\$);

cto são os custos envolvidos no sistema de reúso (R\$);

imp é o custo de implantação do sistema de reúso (R\$);

i é taxa de juros aplicada na avaliação econômica;

i_A é taxa de aumento anual da tarifa de água;

i_E é taxa de aumento anual da tarifa de energia.

4.7.3.2 Período de Payback

Para esse estudo foi utilizado na análise de viabilidade o indicador de Payback Descontado, uma vez que se considera o dinheiro no tempo. O cálculo foi realizado trazendo os fluxos de caixa para valor presente conforme apresentado na Equação 7.

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^j} \quad (7)$$

Onde,

VP é o valor presente.

VF é o valor futuro.

i é a taxa de juros.

j é o período que está sendo avaliado.

4.7.3.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é taxa mínima de atratividade que torna nulo o valor presente líquido, sendo a soma de receitas e despesas igual a zero (Equação 8).

$$VPL = \text{Receitas} - \text{Despesas} = 0 \quad (8)$$

Foi considerado como Taxa Mínima de Atratividade (TMA) o percentual de 8% ao ano, como o percentual médio oferecido pelo mercado financeiro considerando a hipótese de aplicação do valor investido fundos como CDBs, títulos públicos, etc.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONSUMO DE ÁGUA

5.1.1 Histórico do Consumo de Água

A série histórica do consumo de água do edifício foi obtida por meio do monitoramento diário ao longo de 12 meses (Janeiro a Dezembro de 2013). A série de consumo é apresentada no Figura 8, no qual se pode visualizar o consumo de água potável (AP), água de reúso (AR) e água total (AT) ao longo do período de monitoramento. No gráfico também são visualizados algumas interrupções que se referem a dias não monitorados, ausência de consumo e também possíveis erros de leitura. O gráfico não apresenta a população do edifício em razão de não haver um controle diário do número de pessoas. A população fixa do prédio é composta por 1700 pessoas e estima-se que o montante flutuante seja em média 400 pessoas por mês, contabilizando uma população média mensal de 2100 pessoas.

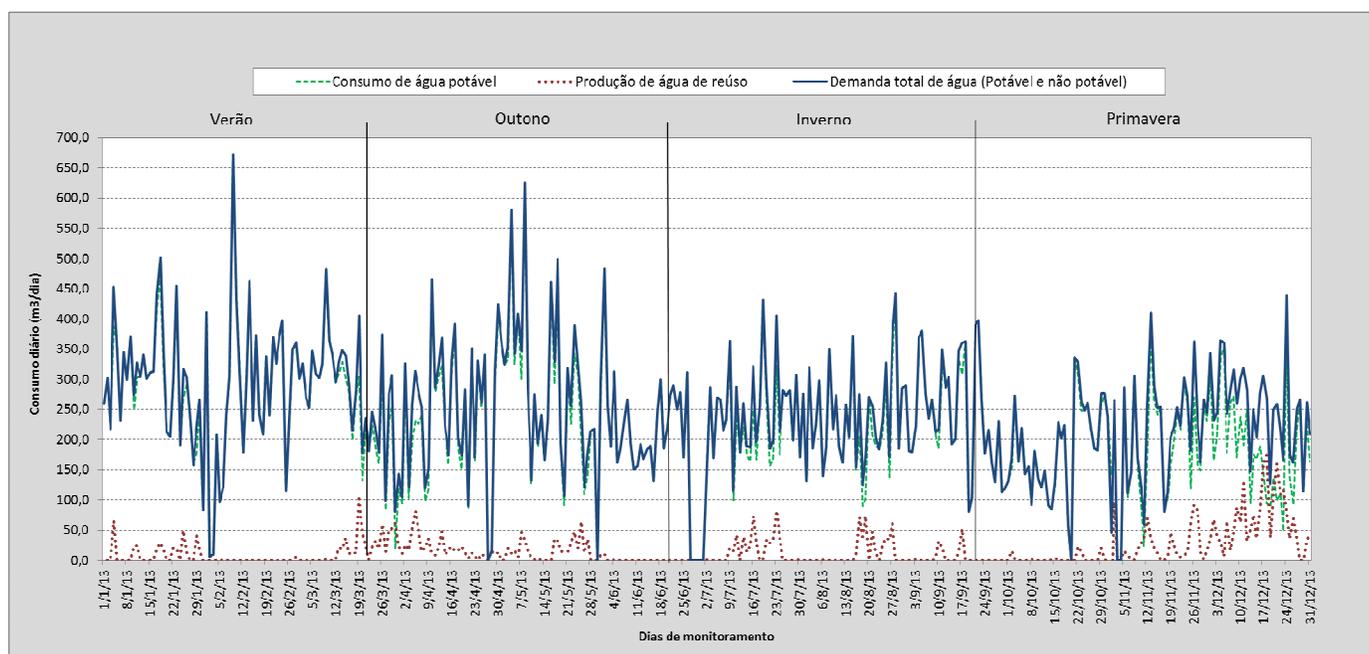


FIGURA 8 - SÉRIE HISTÓRICA DO CONSUMO DE ÁGUA DA EDIFICAÇÃO.

Os picos e vales de consumo de água potável referem-se possivelmente a interrupções de abastecimento para reparos na rede, por indisponibilidade da CESAN ou ainda para reposição do volume do reservatório após a limpeza que ocorre semestralmente. , Para ao esta operação de limpeza o abastecimento de água é interrompido, todo volume do reservatório é consumido, e posteriormente todo o volume é repostado.

Fazendo uma avaliação do consumo de água total em função das estações do ano, pode-se observar alguma diferença de consumo entre elas (Tabela 7).

TABELA 7 - CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA TOTAL EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO.

Estação do ano	Período	Consumo médio de água (m ³ /d)
Verão	01/01 a 19/03/13 e 21 a 31/12/13	289,7
Outono	20/03 a 20/06/13	251,6
Inverno	21/06 a 21/09/13	236,8
Primavera	22/09 a 20/12/13	211,4

Os maiores consumos médios foram observados nas estações de verão e outono, 289,7 m³/d e 251,6 m³/d, respectivamente, seguido da estação de inverno na qual se espera menor demanda e o consumo médio foi de 236 m³/d. Tal consumo pode ser reflexo do período com menor precipitação, demandando assim um consumo maior para irrigação das áreas verdes. Entretanto, não foi possível confirmar esse

consumo em razão do prédio não contar com medição setorizada. A menor precipitação pluviométrica na região e do ano de 2013 foi registrada no mês de setembro, conforme ilustrado na Figura 9.

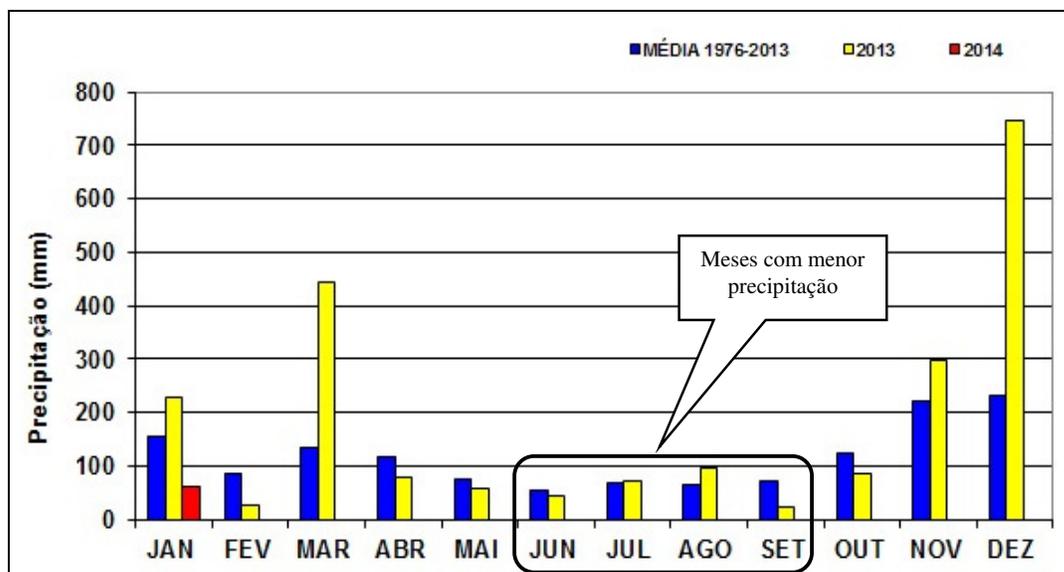


FIGURA 9 - DADOS COMPARATIVOS DA PRECIPITAÇÃO MENSAL.

FONTE: INCAPER (FEV/2014).

Atentando-se ao consumo de água de reúso, se pode observar uma oscilação da produção e também períodos de não produção de água de reúso pela ETE+R.

Vale ressaltar que o consumo de água total e produção de água de reúso também apresenta oscilação em razão dos finais de semana e feriados, nos quais a população do edifício é bastante reduzida, sendo em média 100 pessoas aos sábados e 50 pessoas aos domingos. Essa realidade refletiu no coeficiente de variação dos consumos de água, os quais foram 43% para o consumo de água total e 170% para água de reúso. A dispersão dos dados referentes à água de reúso é influenciada diretamente pela variabilidade na produção pela ETE.

A Tabela 8 apresenta a análise estatística básica do monitoramento realizado. Verificou-se um consumo médio diário de 237,14 m³ de água potável com um desvio padrão de 99,21. Já o consumo médio diário de água de reúso foi bem inferior (15,99 m³) com um desvio padrão de 27,25.

TABELA 8 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO CONSUMO DE ÁGUA.

	Parâmetros Monitorados		
	Consumo de Água Potável (m ³ /d)	Consumo de Água de Reúso (m ³ /d)	Consumo Total de Água (m ³ /d)
Dias monitorados	365	365	365
Média	237,14	15,99	247,25
Mínimo	0,00	0,00	0,00
Máximo	672,00	174,00	672,00
Desvio Padrão	99,21	27,25	105,13
Coeficiente de variação (%)	41,84%	170,37%	43%

O dia de maior consumo de água potável foi no dia 02 de novembro, em que foram consumidos 672 m³. Para o consumo de água de reúso, o maior consumo registrado foi no dia 18 de dezembro onde foram consumidos 174 m³, sendo este o reflexo do aumento da eficiência do FBAS em decorrência do maior fornecimento de oxigênio devido ao funcionamento de quatro aeradores durante 24h.

5.1.2 Variação Mensal do Consumo de Água

A variação do consumo de água potável ao longo dos meses de monitoramento pode ser verificada através do gráfico *Box-plot* (Figura 10).

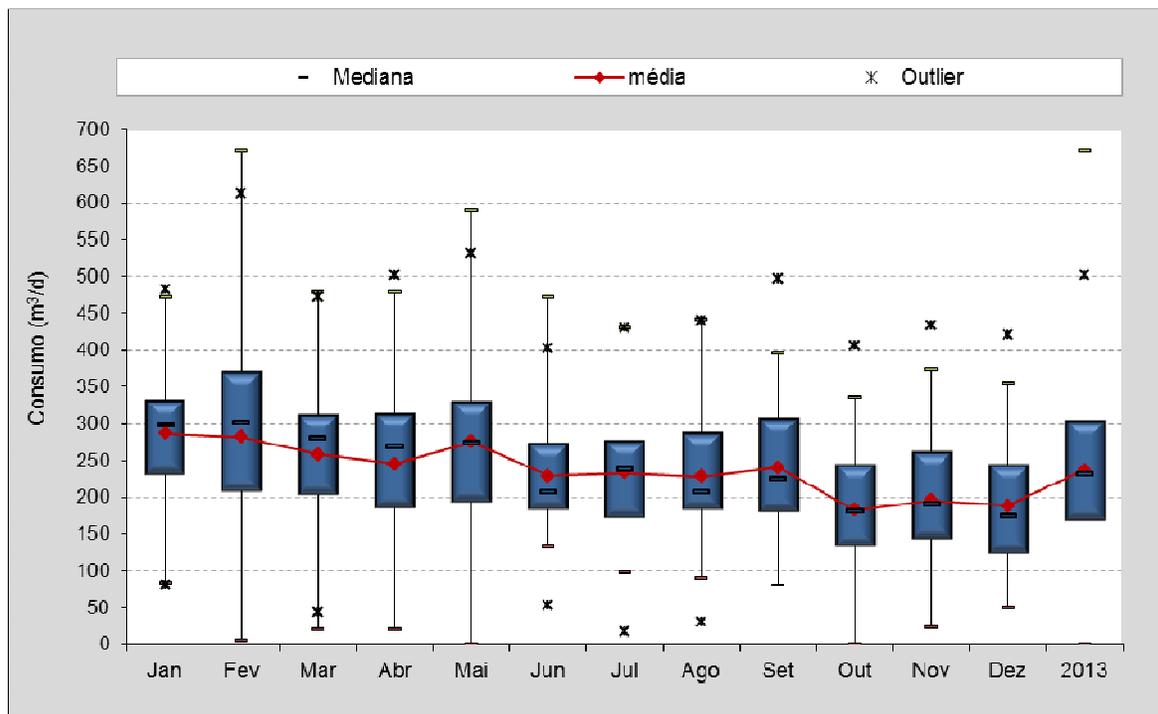


FIGURA 10 - VARIAÇÃO DO CONSUMO MENSAL DE ÁGUA POTÁVEL AO LONGO DOS MESES MONITORADOS.

É possível notar grande variabilidade no consumo de água potável ao longo do período de monitoramento, com os pontos extremos ou *outliers* representados em asterisco. Tais pontos extremos podem estar relacionados com variação do número de pessoas no edifício, falta de abastecimento de água, fazendo com que seja consumido o volume dos reservatórios e posteriormente esse seja abastecido gerando elevado consumo em um mesmo dia, ou vazamentos na linha de recalque de água da CESAN. Porém, como não se tem um controle efetivo do número de usuários do prédio e demais ocorrências operacionais não é possível determinar o que determinou a variabilidade do consumo.

Os maiores consumos de água potável foram registrados nos meses de janeiro, fevereiro e maio apresentando médias de 286,9 m³/d, 282,2 m³/d e 275,7 m³/d, respectivamente. Nos meses de fevereiro e maio a média de precipitação pluviométrica mensal ficou abaixo da média dos últimos 37 anos (Figura 9 – gráfico Incaper), o que pode justificar o maior consumo de água, e este tendo sido possivelmente direcionado para irrigação das áreas verdes. Apesar de no mês de janeiro a média mensal de precipitação ter sido superior a média dos últimos 37 anos, o consumo de água potável foi o maior do período de monitoramento. Porém, também é nesse mês o período de maior calor, o que pode justificar tal consumo, conforme discutido anteriormente.

Os meses de outubro, novembro e dezembro apresentaram menor consumo de água potável, os quais apresentaram médias de consumo respectivamente de 183 m³/d, 195,4 m³/d e 188,6 m³/d. A ausência de medição setorizada, ocorrências operacionais não relatadas e falta de controle do número de usuários que ocupam o edifício diariamente também fizeram com que não fosse possível determinar o motivo do baixo consumo de água potável no mês de outubro. Já o baixo consumo de água potável nos meses de novembro e dezembro pode ser justificado pela substituição de água potável por água de reúso, conforme ilustrado na Figura 11, na qual se observa maior produção de água de reúso pela ETE+R nos meses citados.

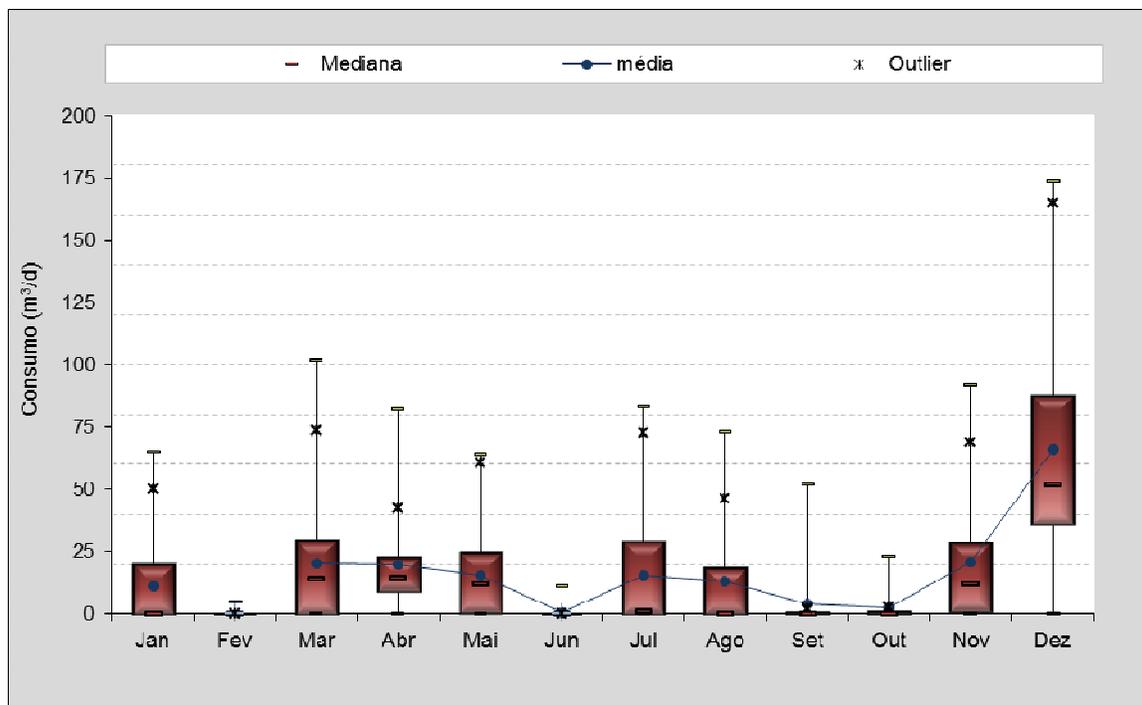


FIGURA 11 - VARIAÇÃO DO CONSUMO MENSAL DE ÁGUA DE REÚSO AO LONGO DOS MESES MONITORADOS.

Também é possível visualizar no gráfico uma grande variabilidade no consumo de água de reúso e períodos sem consumo, decorrentes da não produção de água pela ETE+R.

A demanda média estimada de água de reúso para o edifício são de 150 m³/d. O consumo ao longo dos meses monitorados ficou abaixo da demanda média estimada. Esse fato foi relacionado à baixa eficiência observada no filtro biológico aerado submerso (FBAS) nesse período, onde o fornecimento de oxigênio não era constante em razão do mau funcionamento dos aeradores. Tal fato ocasionou frequente indisponibilidade operacional do FBAS e, conseqüentemente, valores de turbidez acima de 10 NTU, máximo requerido para o reúso conforme a NBR 13969 (1997). Tais quebras foram geradas por entupimento da sucção dos aeradores, cavitação dos motores, curto circuito, dentre outras falhas. Além disso, observou-se também que o funcionamento em regime de alternância de dois aeradores a cada 6 horas não era suficiente para remover a turbidez da água de reúso. Assim, como estratégia operacional e não como parte desse estudo, nos meses de novembro e dezembro a aeração no FBAS foi intensificada para colocar os quatro aeradores em operação durante 24 horas, com o objetivo de justificar a necessidade de melhoria

nesse sistema e evidenciar o potencial de tratamento de esgoto e produção de água de reúso da ETE+R.

Após esse regime de operação dos aeradores durante 24 horas foi possível verificar uma maior produção de água de reúso (Figura 12 acima) nos meses de novembro e dezembro em razão da diminuição dos valores de turbidez. Conseqüentemente pode-se observar uma redução no consumo de água potável proporcional à produção de água de reúso. O consumo de água de reúso no mês de dezembro proporcionou uma redução de 26% no consumo de água potável (Figura 12).

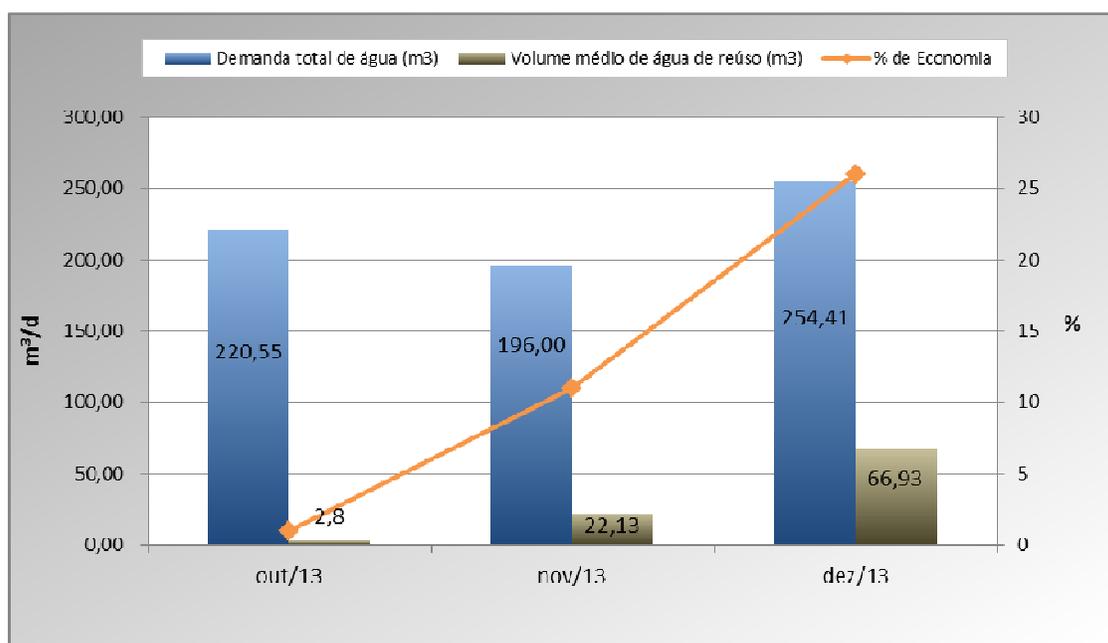


FIGURA 12 – VOLUME DE ÁGUA DE REÚSO PRODUZIDA, VOLUME DE ÁGUA TOTAL CONSUMIDO E % DE ECONOMIA DE ÁGUA EM FUNÇÃO DO REUSO.

Avaliando-se o consumo de água potável e de água de reúso, percebe-se que, de uma forma geral, a média de consumo mensal de água total (AT) no edifício em estudo foi semelhante ao obtido em alguns edifícios públicos estudados por Proença e Ghisi (2010), conforme descrito na Tabela 9. Entretanto, tais edifícios apresentam menor área e população, porém apresentam atividades com elevado consumo de água como, por exemplo, consultórios odontológicos.

TABELA 9 - COMPARAÇÃO DO CONSUMO MÉDIO MENSAL DE ÁGUA TOTAL EM EDIFÍCIOS CORPORATIVOS.

Edifício	Local	Ano	Consumo médio mensal (m ³)	Referência
Edifício corporativo	Vitória, ES	2013	247,2	Essa pesquisa
Ed. Aliança	Florianópolis, SC	2010	274,0	Proença e Ghisi, 2010
Ed. Pedro Xavier	Florianópolis, SC	2010	261,9	Proença e Ghisi, 2010

5.1.3 Variação Semanal do Consumo de Água

A Figura 13 apresenta o consumo de água potável ao longo dos dias da semana. Verifica-se na figura que terça-feira e sexta-feira foram os dias da semana com maior consumo médio de água potável, respectivamente 255,12 m³/d e 277,12 m³/d. Porém, também nesses dias verificou-se maior variabilidade no volume de água potável, não apresentando assim uma tendência de consumo em relação ao dia da semana.

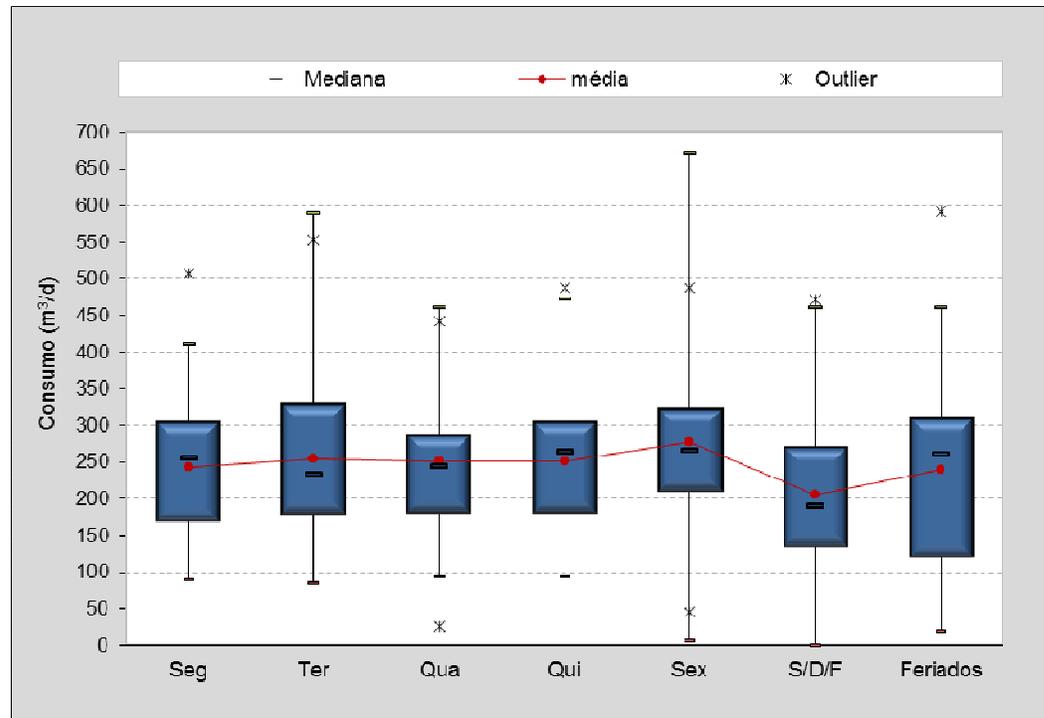


FIGURA 13 - VARIAÇÃO DO CONSUMO SEMANAL DE ÁGUA POTÁVEL AO LONGO DO PERÍODO DE ESTUDO.

A análise do final de semana, englobando os sábados, domingos e feriados (S/D/F), e outra considerando apenas os feriados apresentaram uma pequena redução no

consumo médio. Essa pequena redução do consumo provavelmente está relacionada com o maior volume de água consumida nos finais de semana em atividades para lavagem das fachadas e pisos, que prioritariamente são realizadas nos finais de semana em razão da menor ocupação do prédio e maior possibilidade de interdição de áreas para a limpeza.

Além disso, o funcionamento da ETE aos finais de semana é reduzido em função da baixa produção de esgotos devido à baixa ocupação do edifício. O volume de esgoto produzido permanece nas redes coletoras localizadas na Rua 7 e Rua 10, que antecedem a estação elevatória de esgoto.

Na Figura 14 é possível observar o volume de água de reuso em função dos dias da semana. O maior volume foi observado na segunda-feira, provavelmente em razão do acúmulo de esgoto decorrente do final de semana somado à produção do dia.

Conforme já citado, a variabilidade e o baixo desempenho do FBAS impossibilitam de realizar uma análise de produção de água de reuso em função dos dias da semana.

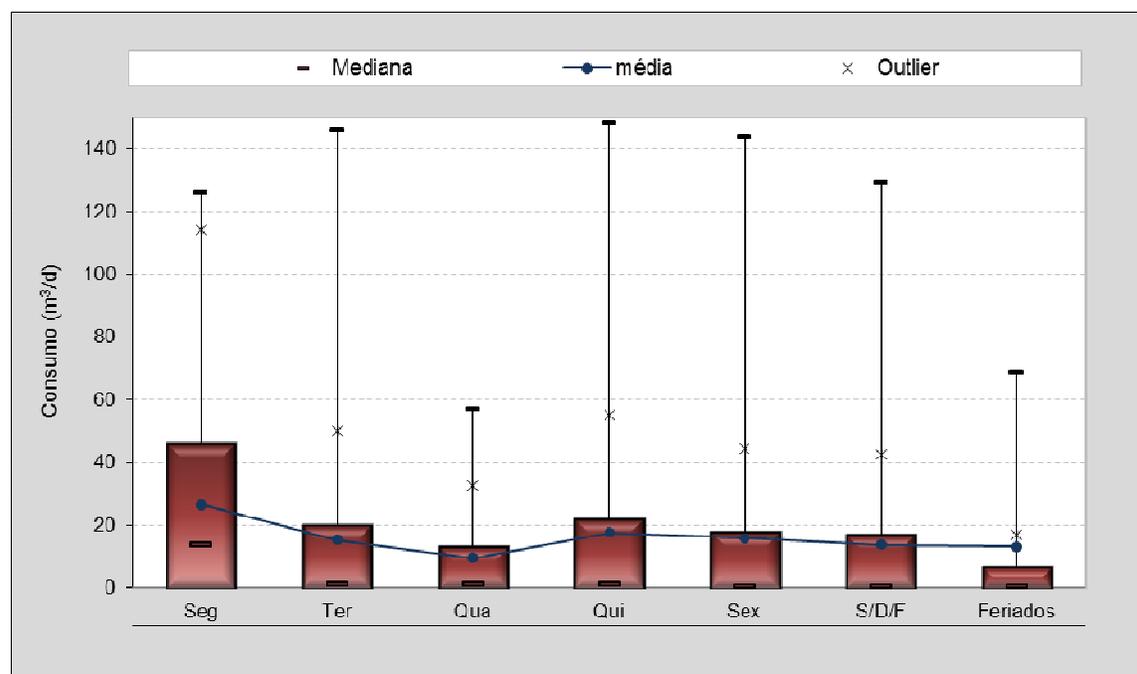


FIGURA 14 - VARIAÇÃO DO CONSUMO SEMANAL DE ÁGUA DE REÚSO AO LONGO DO PERÍODO DE ESTUDO.

5.2 INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA

5.2.1 Indicadores de Consumo *per capita*

A partir da média histórica, foram calculados os índices de consumo *per capita* de água potável, água de reúso e água total, os quais foram respectivamente 112,93; 7,62 e 120,54 l/pessoa.dia. Os índices estão apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 - INDICADORES DE CONSUMO PER CAPITA DE AP, AR E AT.

IC_{AP} (l/pessoa.dia)	IC_{AR} (l/pessoa.dia)	IC_{AT} (l/pessoa.dia)
112,9	7,6	120,5

Na Tabela 11 está apresentado o indicador de consumo *per capita* de AT dessa pesquisa comparada a índices encontrados por outros autores.

TABELA 11 - INDICADORES DE CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA TOTAL EM COMPARAÇÃO COM A LITERATURA.

Referência	Edifício	Local	Ano	IC_{AT} (l/pessoa.dia)
Esta pesquisa	Edifício corporativo	Vitória, ES	2013	120,54
Proença e Ghisi (2010)	Ed. Aliança	Florianópolis, SC	2010	84,1
	Ed. Pedro Xavier			51,9
Fasola <i>et al.</i> (2011)	Escola municipal	Florianópolis, SC	2011	28,80
	Escola estadual			25,30
Kammers e Ghisi (2006)	Celesc - Centrais elétricas de Santa Catarina	Florianópolis, SC	2006	67,20
	Secretaria de Agricultura			57,30
Nunes (2006)	Torre comercial Shopping Rio Sul	Rio de Janeiro, RJ	2004	56,65

Os índices de consumo variam de 25,3 a 120,5 litros/pessoa por dia, sendo que o indicador de consumo *per capita* de água total (AT) obtido neste trabalho (120,5 l/pessoa.dia) foi o mais elevado dentre os trabalhos realizados em edifícios comerciais no Brasil e também próximo ao encontrado em alguns edifícios residenciais apresentados por Aguiar (2010), onde os consumos *per capita*

encontrados foram entre 155 a 376 l/pessoa.dia. Porém em edifícios residenciais espera-se uma maior consumo em razão da ocorrência de banhos e lavagem de roupas onde o consumo de água é considerável.

O consumo *per capita* de água total mais próximo ao dessa pesquisa foi encontrado no Ed. Aliança (84,1 l/pessoa.dia), no estudo realizado por Proença e Ghisi (2010) sobre o uso final de água em dez edifícios de escritórios de Florianópolis – SC. O Ed. Aliança, cuja população fixa é de 157 pessoas, apresentou atividades com maior consumo de água, como consultórios odontológicos, e população flutuante considerável.

Já em outro estudo realizado por Kammers e Ghisi (2006), sobre os usos finais de água em edifícios públicos de Florianópolis, SC, foram obtidos nos edifícios da Celesc e da Secretaria da Agricultura os consumos *per capita* de 67,2 e 57,3 l/pessoa.dia. Apesar desses edifícios apresentarem algumas características semelhantes ao da edificação em estudo, como maior área e população fixa (21.405 m² e 1035 habitantes – Celesc) e ambos apresentarem torres de resfriamento, o consumo *per capita* foi aproximadamente 50% menor. Esse fato pode estar relacionado ao consumo de água para irrigação de áreas verdes, conservação e limpeza, já que no edifício em estudo a área construída é de 30.330 m² e a área verde ocupa uma área de 34.500 m². Esse valor, de modo geral, mostra-se acima dos índices de consumo para prédios públicos calculados pelos autores, entre 28 a 40 l/pessoa.dia e também acima dos 50 l/pessoa.dia para prédios públicos e comerciais (SABESP, 2003 *apud* Proença e Ghisi, 2010).

Kammers e Ghisi (2006) afirmam que, desconsiderando-se o consumo das torres de resfriamento, os consumos *per capita* nos edifícios seriam reduzidos para 54,7 e 42,1 l/pessoa.dia, respectivamente, indicando que o consumo nas torres de resfriamento corresponde a 18,7 % no edifício da Celesc e 26,6 % no edifício da Secretaria de Agricultura.

5.2.2 Indicadores de Consumo por Área

Os indicadores de consumo por área obtidos nessa pesquisa estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 - INDICADORES DE CONSUMO POR ÁREA DE AP, AR E AT.

IC_{AP} por área (l/m ² .dia)	IC_{AR} por área (l/m ² .dia)	IC_{AT} por área (l/m ² .dia)
3,66	0,25	3,90

5.3 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO REÚSO NO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL

Através dos indicadores de consumo per capita de água potável e de água total da edificação em estudo foi realizada a avaliação do impacto de redução do consumo de água potável, com o objetivo de se calcular a economia de água potável obtida por meio do reúso. O consumo de água total corresponde ao indicador de água potável, caso o edifício não apresentasse a possibilidade do reúso de água. Os resultados estão apresentados na Tabela 13.

TABELA 13 - IMPACTO DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL.

IC_{AP} per capita (l/pessoa.dia)	IC_{AT} per capita (l/pessoa.dia)	IR per capita (%)
112,9	120,5	6,3

O impacto de redução do consumo de água potável verificado no edifício, em virtude do reúso de águas residuárias para descarga em bacias sanitárias, irrigação e sistema de refrigeração foi de 6,3%. Esse valor ficou abaixo do potencial de economia da edificação que é de 30%. Tal fato chama atenção para a baixa produção de água de reúso pela ETE+R, provocada pela baixa eficiência do FBAS.

5.4 PRODUÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO

O esgoto da edificação é composto por águas negras e cinza escura. O histórico da produção de esgoto foi obtido por meio de leituras diárias do volume registrado no hidrômetro instalado na entrada da ETE, no período Janeiro e Dezembro de 2013 e está apresentado na Figura 16.

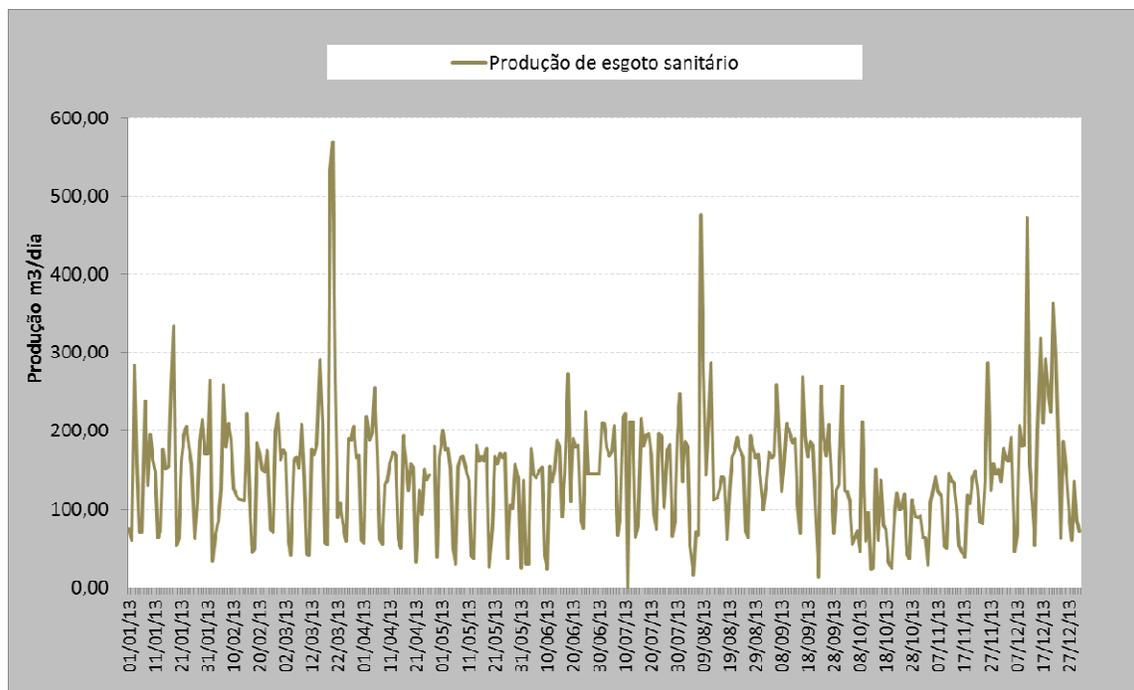


FIGURA 15 - SÉRIE HISTÓRICA DE ESGOTO SANITÁRIO.

Nota-se, na Figura 16, que a produção de esgoto sanitário oscilou de forma um pouco mais regular do que o consumo de água. Nota-se uma queda no mês de outubro e três picos de produção, mas que não há registros que expliquem tais ocorrências.

A Tabela 14 apresenta a análise estatística da produção de esgoto sanitário no edifício. Foram produzidos no período monitorado, em média, 143,41 m³/dia de esgoto.

TABELA 14 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DA PRODUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS.

Parâmetro	Produção de Esgoto Sanitário (m ³ /d)
Dias monitorados	365
Média	143,4
Mínimo	0,00
Máximo	570,00
Desvio Padrão	77,0
Coeficiente de variação (%)	53,7%

Verificou-se que o volume médio diário produzido de esgoto sanitário total (ES Total), foi de uma forma geral semelhante em grande parte dos meses monitorados, variando de 128,6 m³/d a 179,5 m³/d (Figura 17) Nos meses de outubro e novembro, que foram os meses com menor produção de esgoto sanitário, respectivamente, os valores variaram de 92,1 e 112,4 m³/d. Embora as médias de produção esgoto sejam semelhantes nos demais meses é possível observar um elevado desvio padrão (DP = 77,0) em razão da grande variabilidade na vazão diária registrada.

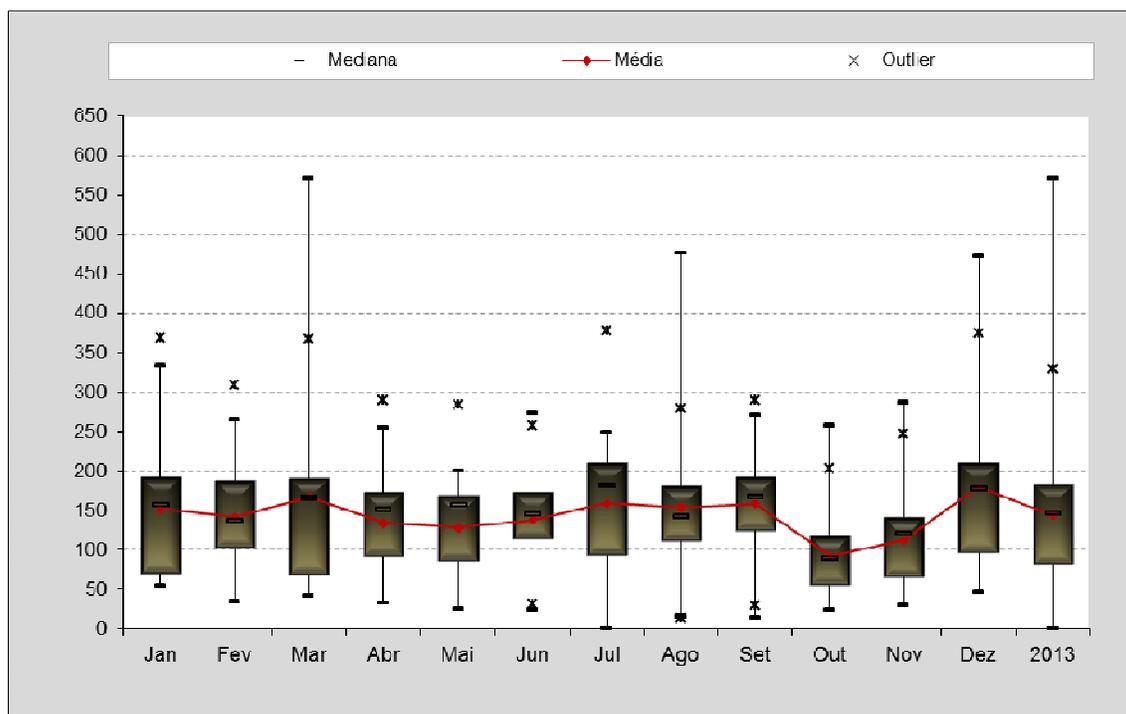


FIGURA 16 - VARIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO.

A produção *per capita* de esgoto sanitário total encontrado foi de 68,3 l/pes.dia (Tabela 15), Esse valor é bem inferior ao encontrado em edifícios residenciais estudados por Aguiar (2011); Martins e Memeli (2011), Pathapar *et al* (2005), Henze e Ledin (2001), os quais encontraram um IP que variou de 250 a 200 l/pes.dia. Esse comportamento é esperado para edificações corporativas, onde o período de funcionamento é em horário comercial, apresentando uma menor produção de esgoto sanitário.

TABELA 15 - INDICADORES DE PRODUÇÃO PER CAPITA DE ES REDE E ES TOTAL.

<i>IP_{ES total}</i> (l/pes.dia)	<i>IP_{ES Rede}</i> (l/pes.dia)
68,3	60,7

Já o índice de produção média per capita de esgoto sanitário lançado na rede coletora ($IP_{ES Rede}$) obtido foi de 60,7 l/pes.dia, indicando que uma parte do esgoto sanitário produzido foi destinado ao reúso, conforme se pode ver Tabela 16 o impacto de redução de esgoto sanitário.

TABELA 16 - IMPACTO DE REDUÇÃO DE ESGOTO DOMÉSTICO LANÇADO NA REDE COLETORA.

<i>IP_{ES total}</i> (l/pes.dia)	<i>IP_{ES Rede}</i> (l/pes.dia)	<i>IR</i> (%)
68,3	60,7	11,1

Através dos valores encontrados para os indicadores de produção de esgoto doméstico, pode-se verificar que o impacto de redução de esgoto doméstico lançado na rede coletora, ocasionado pela prática do reúso, foi de apenas 11,1%. Este resultado poderia ser maior se o volume de água de reúso fosse conforme o esperado para a capacidade da ETE.

5.5 BALANÇO HÍDRICO

5.5.1 Consumo de Água e Produção de Esgoto Sanitário

A análise estatística do consumo de água e produção de esgoto sanitário está apresentada na Tabela 17.

TABELA 17 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO CONSUMO DE ÁGUA E PRODUÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO TOTAL.

Parâmetros Monitorados			
	Consumo de Água Potável (m ³ /d)	Consumo Total de Água (m ³ /d)	Produção de Esgoto Sanitário Total (m ³ /d)
Dias monitorados	365	365	365
Média	237,1	247,3	143,4
Mínimo	0,00	0,00	0,00
Máximo	672,0	672,0	570,0
Desvio Padrão	99,2	105,1	77,0
Coeficiente de variação (%)	41,8%	43,0%	53,7%

Verificou-se um consumo médio mensal máximo de AP e AT foi o mesmo (672 m³/dia), com um coeficiente de variação de 41,8% para AP e 43% para AT. Os valores médios mensais de consumo de AP e AT foram, respectivamente, 237,14 e 247,25 m³/dia.

Já o volume máximo produzido de esgoto sanitário total foi de 570 m³/d, sendo inferior ao volume consumido de água. Entretanto esse comportamento era esperado uma vez que já se sabe que a produção de esgoto não supera a demanda de água total da edificação. O valor apresentado se encontra próximo do volume demandado de água de reúso estimado em projeto que são de 150 m³/d (Gonçalves *et al.* 2011).

Na Figura 18 é possível observar a relação entre o consumo de AP, AR e a produção de ES na edificação durante o ano de 2013. Nota-se alguns picos de produção de AR e conseqüentemente a redução no consumo de AP, porém o período monitorado em que essa substituição de AP por AR e também uma maior produção de ES foram nos meses de novembro e dezembro, meses nos quais houve uma intensificação da aeração no interior do FBAS, conforme já relatado.

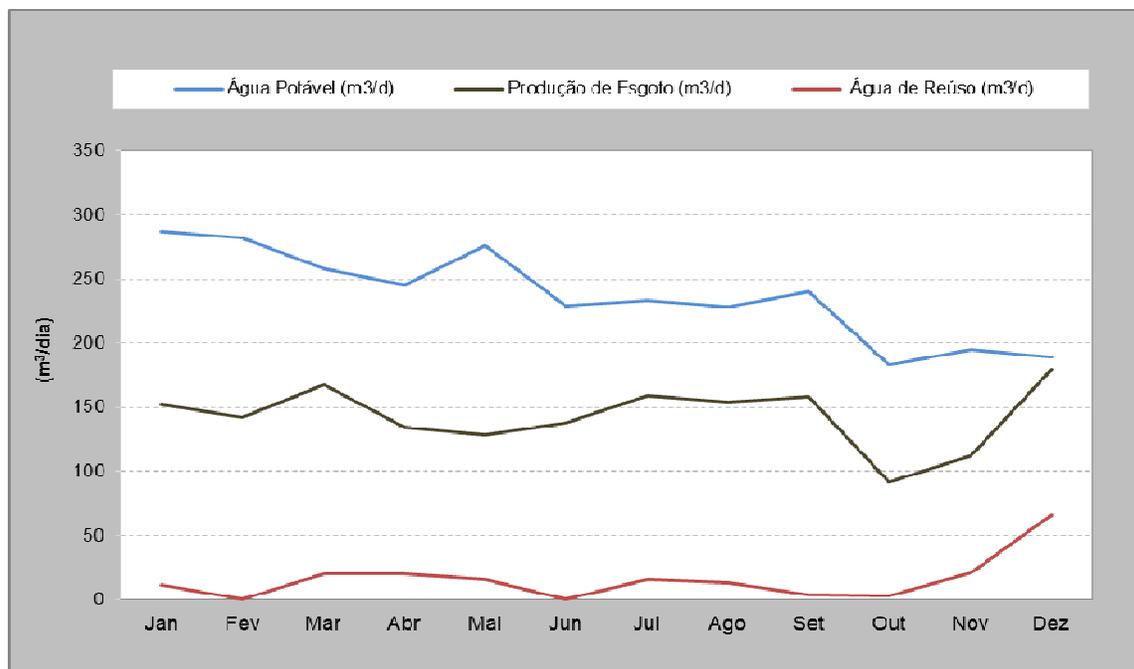


FIGURA 17 - CONSUMO DE AP, AR E PRODUÇÃO DE ES.

5.5.2 Balanço Hídrico e Coeficiente de Retorno

A partir do monitoramento do consumo de água e da produção de esgoto do edifício estudado, pode-se verificar o volume médio de água consumido no edifício e o volume médio de esgoto lançado na rede coletora. Os resultados obtidos são observados na Tabela 18.

TABELA 18 - BALANÇO HÍDRICO DA EDIFICAÇÃO EM ESTUDO.

	Balanço Hídrico			Saída
	Entradas			
	AP (l/d)	AR (l/d)	AT (l/d)	ED _{Rede} (l/d)
Nº observações	365	365	365	365
Média	237.143	15.995	253.138	127.420

A partir dos valores do balanço hídrico foram calculados os coeficientes de retorno em relação à água potável e em relação à água total consumida. Os valores estão apresentados na Tabela 19.

TABELA 19 - COEFICIENTES DE RETORNO DE ESGOTO SANITÁRIO.

Coeficiente de Retorno	
C_{rAP}	C_{rAT}
0,54	0,50

Os valores encontrados indicam que 54% da água potável consumida retornam ao sistema de coleta público sob a forma de esgoto e que 50% da água total consumida na edificação (AP+AR) retornam à rede coletora sob a forma de esgoto.

Estima-se que o volume para fechamento do balanço, de aproximadamente 125.718 l/d, refere-se aos usos consuntivos, que não geram esgoto como irrigação e produção de alimentos (restaurante). Esse valor é semelhante à soma das demandas projetadas para ambos usos, sendo 57.500 l/d para jardinagem e 75.000 l/d para o preparo de refeições (Gonçalves *et al.*, 2011).

5.6 VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE REÚSO PREDIAL

5.6.1 Levantamento das Informações

5.6.1.1 Investimento

De acordo com a empresa FLUIR ENGENHARIA LTDA, o valor total da venda do sistema de tratamento de esgotos com reuso, implantada no edifício estudado, foi de R\$1.040.000, no ano de 2008. Considerando um percentual médio de inflação no período entre os anos de 2008 e 2014 de 5,5% ao ano, o valor corrigido deste produto para o ano de 2014 seria de R\$1.433.996,52,

5.6.2 Despesas Mensais do Sistema

Os valores encontrados foram calculados multiplicando-se a quantidade consumida (energia), insumos, custos de operação e manutenção obtidos no ano de 2013 pelos valores praticados no ano de 2014. A Tabela 20 apresenta o resumo dos custos referente às despesas mensais do sistema.

TABELA 20 - RESUMO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DA ETE+R.

Custo Operacional da ETE+R	R\$/mês
Energia	2.477,52
Insumos e análises físico-químicas	15.561,09
Manutenção	3.333,44
Operação	649,54
Custo Total	22.021,59

5.6.3 Receitas e Fluxo de Caixa (Cenário atual)

A economia de água potável proporcionada pelos sistemas de reúso de água nos empreendimentos se torna fonte de receita. Estes sistemas possibilitam que os usuários substituam a utilização de água potável por água de reúso em atividades menos nobres como lavagem de calçada, rega de jardins, descarga sanitária, etc., gerando economia de água e diminuindo também geração de esgoto (despesa evitada que se torna receita).

Para elaborar e avaliar o fluxo de caixa primeiro se obteve o levantamento das receitas promovidas pelo sistema de reúso, conforme descrito na Tabela 21.

TABELA 21 - RECEITA EM FUNÇÃO DA ECONOMIA PROMOVIDA PELA PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO.

Meses Monitorados (2013)	Qtd (m³/dia)	Qtd (m³/mês)	Receita (R\$) - 2014
Janeiro	11,3	350,3	R\$ 5.081,49
Fevereiro	0,25	7	R\$ 86,80
Março	20,2	626,2	R\$ 9.120,67
Abril	19,7	591	R\$ 8.605,34
Maio	15,7	486,7	R\$ 7.078,39
Junho	0,4	12	R\$ 149,56
Julho	15,4	477,4	R\$ 6.942,24
Agosto	13	403	R\$ 5.853,02
Setembro	4,1	123	R\$ 1.753,82
Outubro	2,7	83,7	R\$ 1.178,47
Novembro	20,9	627	R\$ 9.132,38
Dezembro	65,9	2042,9	R\$ 29.861,16

A Tabela 22 e Figura 19 apresentam o fluxo de caixa do investimento. O valor das despesas foi composto pela soma dos valores apresentados na Tabela 20, totalizando uma média mensal de R\$ 22.021,59.

TABELA 22 - FLUXO DE CAIXA MENSAL.

Mês	Receitas	Despesas	Resultado
Janeiro	R\$ 5.081,49	R\$ 22.021,59	-R\$ 16.940,10
Fevereiro	R\$ 86,80	R\$ 22.021,59	-R\$ 21.934,79
Março	R\$ 9.120,67	R\$ 22.021,59	-R\$ 12.900,92
Abril	R\$ 8.605,34	R\$ 22.021,59	-R\$ 13.416,25
Maio	R\$ 7.078,39	R\$ 22.021,59	-R\$ 14.943,20
Junho	R\$ 149,56	R\$ 22.021,59	-R\$ 21.872,03
Julho	R\$ 6.942,24	R\$ 22.021,59	-R\$ 15.079,35
Agosto	R\$ 5.853,02	R\$ 22.021,59	-R\$ 16.168,57
Setembro	R\$ 1.753,82	R\$ 22.021,59	-R\$ 20.267,77
Outubro	R\$ 1.178,47	R\$ 22.021,59	-R\$ 20.843,12
Novembro	R\$ 9.132,38	R\$ 22.021,59	-R\$ 12.889,21
Dezembro	R\$ 29.861,16	R\$ 22.021,59	R\$ 7.839,57

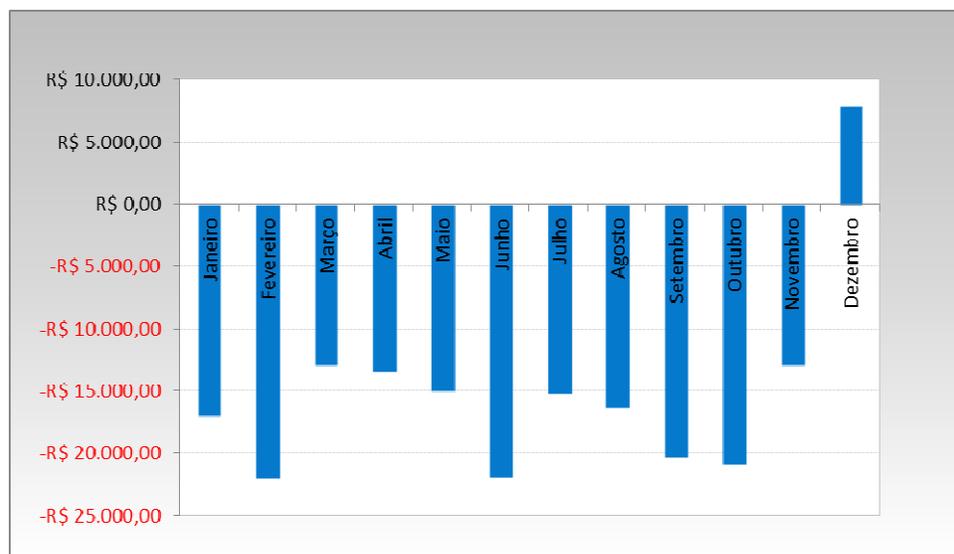


FIGURA 18 - FLUXO DE CAIXA MENSAL.

O fluxo de caixa acumulado ao longo dos doze meses corresponde a R\$ - 179.415,74, mostrando claramente que o sistema de reuso de água objeto desse estudo não gerou economia financeira, e, ao contrário, tem gerado um valor significativo de despesa mensal, não atingindo o objetivo esperado.

Esse resultado se dá em razão do baixo volume de água de reúso produzida pela ETE+R, que está bem abaixo da capacidade da estação. Situação semelhante foi observada por Franci (2011) no estudo de viabilidade econômica realizada em um sistema de reuso predial de água cinza, onde a ETAC operou abaixo da capacidade ocasionando receitas menores que as despesas gerando também um fluxo de caixa negativo.

Dessa forma entende-se que o funcionamento da ETE+R da maneira como está operando se apresenta como uma alternativa inviável.

No entanto, é importante salientar que o sistema foi utilizado de maneira limitada, uma vez que A ETE+R tem capacidade para tratar diariamente 280 m³ de esgoto sanitário e conseqüentemente gerar diariamente o mesmo volume de água de reúso, entretanto o volume médio produzido de esgoto para o período monitorado foram 143,4 m³/d, sendo esperado esse mesmo volume produzido de água de reúso e, no entanto, é possível observar na Figura 20 que em nenhum mês do período avaliado o sistema produziu ao menos 50% de sua capacidade.

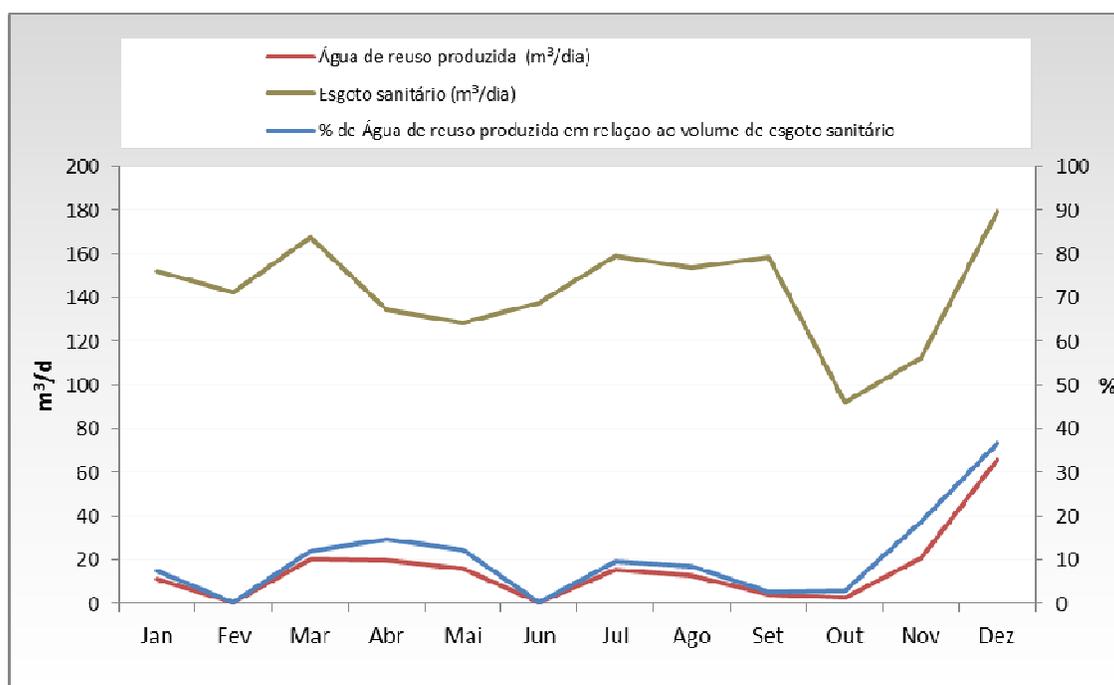


FIGURA 19 - VOLUME DE ÁGUA DE REUSO PRODUZIDA, VOLUME DE ESGOTO SANITÁRIO E PERCENTUAL DE PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REUSO EM RELAÇÃO AO VOLUME DE ESGOTO SANITÁRIO AFLUENTE A AO SISTEMA DE TRATAMENTO.

Conforme já citado anteriormente, o baixo desempenho da ETE+R quanto a produção de água de reúso se deu pelas frequentes paradas do filtro biológico em decorrência do mau funcionamento dos aeradores submersos. Dessa forma, faz-se necessário a elaboração de cenários para avaliar a viabilidade do sistema em diferentes situações, e podendo além mesmo servir como critério para determinar adequações para que se alcance os resultados propostos em cada cenário apresentado.

5.6.4 Construção de Cenários

Visto que o sistema de tratamento de esgoto sanitário objeto deste estudo tem capacidade para gerar 280 m³ de água de reúso diariamente e têm sido utilizados de maneira limitada, foram elaborados três cenários para simular como seria o desempenho financeiro e o tempo de retorno do investimento (Payback). Para isso foram propostos os cenários de produção diária de água de reúso pela ETE+R de 50%, 75% e 100% de sua capacidade no ano de 2014.

5.6.4.1 Cenário 1 – 50%

O cenário 1 contempla a avaliação da viabilidade do sistema quando operando a 50% da capacidade da ETE+R.

Para esse cálculo foram considerados os dados apresentados na Tabela 23.

TABELA 23 - DADOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DO CENÁRIO 1.

		Dados de economia	Dados de despesas
Investimento (R\$)	R\$ 1.433.996,52		
Dias do mês	30		
Meses ano	12		
Taxa mínima de atratividade	8%		
Vazão da estação (m ³ /d)		140	
Tarifa cobrada (R\$/m ³)		R\$ 14,64	
Aumento anual tarifa de água (%)		6,57%	
Quant. média de kWh/dia			225,27
Tarifa energia (R\$/kWh)			0,3666
Gasto com HH/mês (R\$)			R\$ 3.982,98
Aumento anual de energia (%)			5,45%
Aumento anual do homem hora (%)			7%
Insumos e análises laboratoriais (R\$)			R\$ 15.561,09

Considerando os dados acima foram obtidos os valores de economia e despesa mensal e anual para o investimento no cenário proposto (Tabelas 24 e 25). O fluxo de caixa encontra-se descrito na Tabela 26 e o período de payback está ilustrado na Figura 21.

TABELA 24 - ECONOMIA AO LONGO DO HORIZONTE DE 10 ANOS.

	Economia	
	Mensal	Anual
Ano 1	R\$ 61.488,00	R\$ 737.856,00
Ano 2	R\$ 65.527,76	R\$ 786.333,14
Ano 3	R\$ 69.832,94	R\$ 837.995,23
Ano 4	R\$ 74.420,96	R\$ 893.051,51
Ano 5	R\$ 79.310,42	R\$ 951.725,00
Ano 6	R\$ 84.521,11	R\$ 1.014.253,33
Ano 7	R\$ 90.074,15	R\$ 1.080.889,77
Ano 8	R\$ 95.992,02	R\$ 1.151.904,23
Ano 9	R\$ 102.298,69	R\$ 1.227.584,34
Ano 10	R\$ 109.019,72	R\$ 1.308.236,63

TABELA 25 - DESPESAS NO HORIZONTE DE 10 ANOS.

	Despesa mensal	Despesas total anual
Ano 1	R\$ 23.191,77	R\$ 278.301,27
Ano 2	R\$ 23.669,38	R\$ 284.032,57
Ano 3	R\$ 24.177,34	R\$ 290.128,08
Ano 4	R\$ 24.717,61	R\$ 296.611,29
Ano 5	R\$ 25.292,27	R\$ 303.507,21
Ano 6	R\$ 25.903,54	R\$ 310.842,48
Ano 7	R\$ 26.553,79	R\$ 318.645,50
Ano 8	R\$ 27.245,54	R\$ 326.946,52
Ano 9	R\$ 27.981,48	R\$ 335.777,77
Ano 10	R\$ 28.764,47	R\$ 345.173,60

TABELA 26 - FLUXO DE CAIXA ANUAL AO LONGO DE 10 ANOS.

Fluxo de Caixa anual (Economia - Despesas)		
Ano 1	R\$	459.554,73
Ano 2	R\$	502.300,57
Ano 3	R\$	547.867,14
Ano 4	R\$	596.440,22
Ano 5	R\$	648.217,79
Ano 6	R\$	703.410,85
Ano 7	R\$	762.244,27
Ano 8	R\$	824.957,71
Ano 9	R\$	891.806,57
Ano 10	R\$	963.063,03

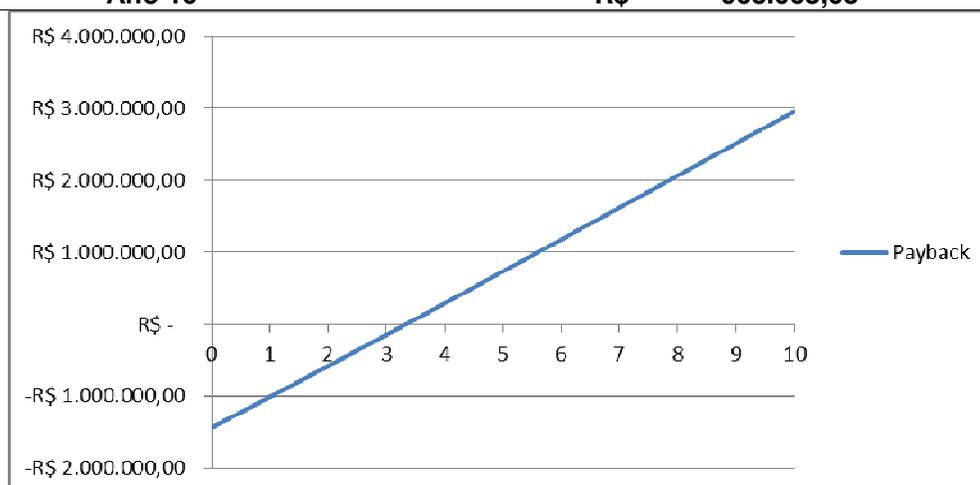


FIGURA 20 - PAYBACK PARA O CENÁRIO 1.

No cenário proposto foi obtido um VPL > 0 (R\$32.962.580,18) e um Payback (descontado) de aproximadamente 3 anos e 5 meses.

Para esse cenário a TIR encontrada foi de 38%, logo superior a TMA especificada em 8%. Dessa forma com base na análise do VPL e TIR o investimento é considerável altamente viável.

5.6.4.2 Cenário 2 – 75%

O cenário 2 contempla a avaliação da viabilidade do sistema quando operando a 75% da capacidade da ETE+R.

Para esse cálculo foram considerados os dados apresentados na Tabela 27.

TABELA 27 - DADOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DO CENÁRIO 2.

		Dados de economia	Dados de despesas
Investimento (R\$)	R\$ 1.433.996,52		
Dias do mês	30		
Meses ano	12		
Taxa mínima de atratividade	8%		
Vazão da estação (m ³ /d)		210	
Tarifa cobrada (R\$/m ³)		R\$ 14,64	
Aumento anual tarifa de água (%)		6,57%	
Quant. média de kWh/dia			225,27
Tarifa energia (R\$/kWh)			0,3666
Gasto com HH/mês (R\$)			R\$ 3.982,98
Aumento anual de energia (%)			5,45%
Aumento anual do homem hora (%)			7%
Insumos e análises laboratoriais (R\$)			R\$ 15.561,09

Considerando os dados acima foram obtidos os valores de economia e despesa mensal e anual para o investimento no cenário proposto (Tabelas 28 e 29). O fluxo de caixa encontra-se descrito na Tabela 30 e o período de payback está ilustrado na Figura 22.

TABELA 28 - ECONOMIA AO LONGO DO HORIZONTE DE 10 ANOS.

Economia		
	Mensal	Anual
Ano 1	R\$ 92.232,00	R\$ 1.106.784,00
Ano 2	R\$ 98.291,64	R\$ 1.179.499,71
Ano 3	R\$ 104.749,40	R\$ 1.256.992,84
Ano 4	R\$ 111.631,44	R\$ 1.339.577,27
Ano 5	R\$ 118.965,62	R\$ 1.427.587,50
Ano 6	R\$ 126.781,67	R\$ 1.521.379,99
Ano 7	R\$ 135.111,22	R\$ 1.621.334,66
Ano 8	R\$ 143.988,03	R\$ 1.727.856,35
Ano 9	R\$ 153.448,04	R\$ 1.841.376,51
Ano 10	R\$ 163.529,58	R\$ 1.962.354,95

TABELA 29 - DESPESAS NO HORIZONTE DE 10 ANOS.

	Despesa mensal	Despesas total anual
Ano 1	R\$ 23.191,77	R\$ 278.301,27
Ano 2	R\$ 23.669,38	R\$ 284.032,57
Ano 3	R\$ 24.177,34	R\$ 290.128,08
Ano 4	R\$ 24.717,61	R\$ 296.611,29
Ano 5	R\$ 25.292,27	R\$ 303.507,21
Ano 6	R\$ 25.903,54	R\$ 310.842,48
Ano 7	R\$ 26.553,79	R\$ 318.645,50
Ano 8	R\$ 27.245,54	R\$ 326.946,52
Ano 9	R\$ 27.981,48	R\$ 335.777,77
Ano 10	R\$ 28.764,47	R\$ 345.173,60

TABELA 30 - FLUXO DE CAIXA ANUAL AO LONGO DE 10 ANOS.

Fluxo de Caixa anual (Economia - Despesas)		
Ano 1	R\$	828.482,73
Ano 2	R\$	895.467,14
Ano 3	R\$	966.864,76
Ano 4	R\$	1.042.965,98
Ano 5	R\$	1.124.080,29
Ano 6	R\$	1.210.537,51
Ano 7	R\$	1.302.689,16
Ano 8	R\$	1.400.909,82
Ano 9	R\$	1.505.598,74
Ano 10	R\$	1.617.181,35

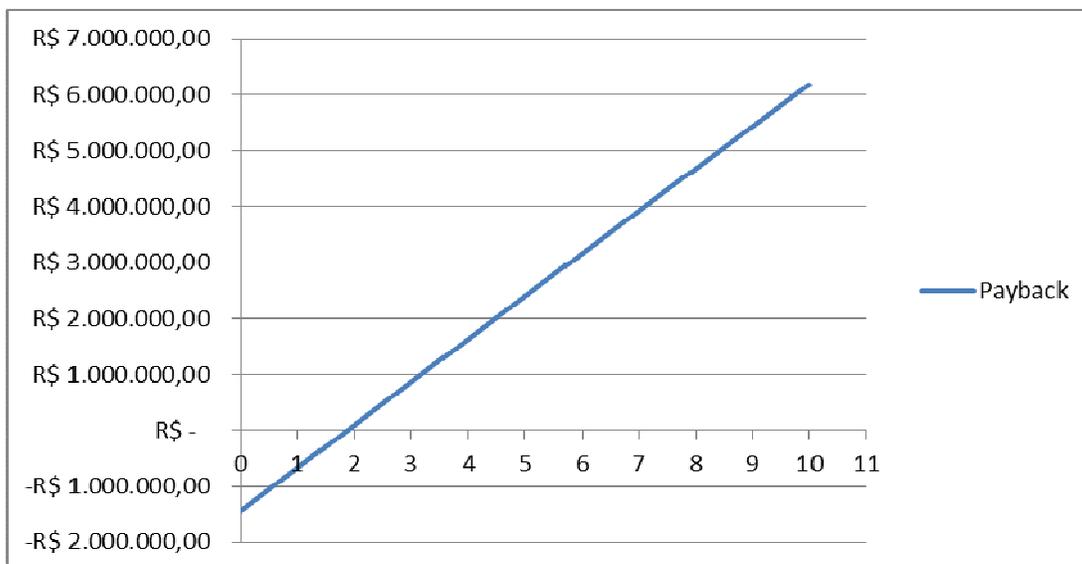


FIGURA 21 - PAYBACK PARA O CENÁRIO 2.

No cenário proposto foi obtido um VPL > 0 (R\$ 6.182.066,21) e um Payback (descontado) de aproximadamente 2 anos.

Este cenário apresenta uma TIR de 65%, logo, superior a TMA especificada em 8%. Dessa forma com base na análise do VPL e TIR o investimento é considerável altamente viável.

5.6.4.3 Cenário 3

O cenário 3 contempla a avaliação da viabilidade do sistema quando operando a 100% da capacidade da ETE+R.

Para esse cálculo foram considerados os dados apresentados na Tabela 31.

TABELA 31 - DADOS UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DO CENÁRIO 3.

		Dados de economia	Dados de despesas
Investimento (R\$)	R\$ 1.433.996,52		
Dias do mês	30		
Meses ano	12		
Taxa mínima de atratividade	8%		
Vazão da estação (m ³ /d)		280	
Tarifa cobrada (R\$/m ³)		R\$ 14,64	
Aumento anual tarifa de água (%)		6,57%	
Quant. média de kWh/dia			225,27
Tarifa energia (R\$/kWh)			0,3666
Gasto com HH/mês (R\$)			R\$ 3.982,98
Aumento anual de energia (%)			5,45%
Aumento anual do homem hora (%)			7%
Insumos e análises laboratoriais (R\$)			R\$ 15.561,09

Considerando os dados acima foram obtidos os valores de economia e despesa mensal e anual para o investimento no cenário proposto (Tabelas 32 e 33). O fluxo de caixa encontra-se descrito na Tabela 34 e o período de payback está ilustrado na Figura 23.

TABELA 32 - ECONOMIA AO LONGO DO HORIZONTE DE 10 ANOS.

		Economia	
		Mensal	Anual
Ano 1	R\$	122.976,00	R\$ 1.475.712,00
Ano 2	R\$	131.055,52	R\$ 1.572.666,28
Ano 3	R\$	139.665,87	R\$ 1.675.990,45
Ano 4	R\$	148.841,92	R\$ 1.786.103,03
Ano 5	R\$	158.620,83	R\$ 1.903.449,99
Ano 6	R\$	169.042,22	R\$ 2.028.506,66
Ano 7	R\$	180.148,30	R\$ 2.161.779,55
Ano 8	R\$	191.984,04	R\$ 2.303.808,46
Ano 9	R\$	204.597,39	R\$ 2.455.168,68
Ano 10	R\$	218.039,44	R\$ 2.616.473,26

TABELA 33 - DESPESAS NO HORIZONTE DE 10 ANOS.

	Despesa mensal		Despesas total anual	
Ano 1	R\$	23.191,77	R\$	278.301,27
Ano 2	R\$	23.669,38	R\$	284.032,57
Ano 3	R\$	24.177,34	R\$	290.128,08
Ano 4	R\$	24.717,61	R\$	296.611,29
Ano 5	R\$	25.292,27	R\$	303.507,21
Ano 6	R\$	25.903,54	R\$	310.842,48
Ano 7	R\$	26.553,79	R\$	318.645,50
Ano 8	R\$	27.245,54	R\$	326.946,52
Ano 9	R\$	27.981,48	R\$	335.777,77
Ano 10	R\$	28.764,47	R\$	345.173,60

TABELA 34 - FLUXO DE CAIXA ANUAL AO LONGO DE 10 ANOS.

Fluxo de Caixa anual (Economia - Despesas)	
Ano 1	R\$ 1.197.410,73
Ano 2	R\$ 1.288.633,71
Ano 3	R\$ 1.385.862,37
Ano 4	R\$ 1.489.491,73
Ano 5	R\$ 1.599.942,79
Ano 6	R\$ 1.717.664,18
Ano 7	R\$ 1.843.134,04
Ano 8	R\$ 1.976.861,94
Ano 9	R\$ 2.119.390,91
Ano 10	R\$ 2.271.299,66

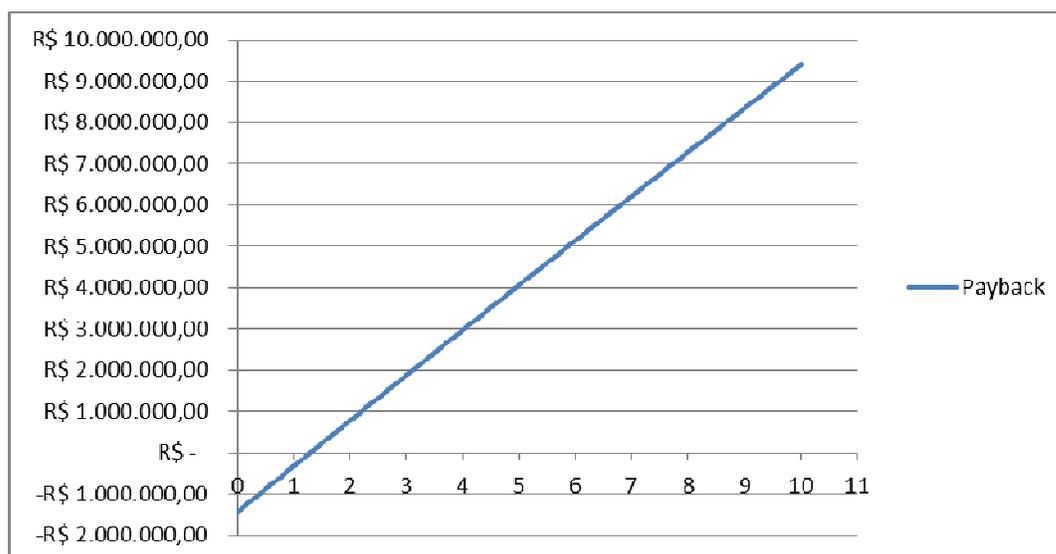


FIGURA 22 - PAYBACK PARA O CENÁRIO 3.

Este cenário pode ser considerado teórico, pois já se sabe que ETEs dificilmente operam a 100% da capacidade, uma vez que falhas operacionais ocorrem com frequência. Entretanto na análise de viabilidade realizada para esse cenário foi obtido um VPL > 0 (R\$ 9.401.552,24) e um Payback (descontado) de aproximadamente 1 ano e 5 meses.

Sendo assim, esse cenário apresenta uma TIR de 91%, logo, superior a TMA especificada em 8%. Dessa forma com base na análise do VPL e TIR o investimento é considerável altamente viável.

Sistemas compactos de reuso normalmente atendem a demanda de água não potável em edifícios, porém quando se trata de edifícios corporativos essa pode não ser uma realidade. Nos estudos realizados por Lunardi *et al.* (2014) e Hastenreiter (2011) verificaram que os sistemas de reuso de águas cinza não seriam viáveis em razão do volume demandado de água não potável ser superior a produção de águas cinzas dos edifícios em estudo.

Entretanto, quando os sistemas de reuso são concebidos para tratar todos os efluentes produzidos na edificação (esgoto sanitário), mesmo estes apresentando valores de investimentos superiores ao de água cinza, o retorno pode ser obtido em um menor período de payback. Lunardi *et al.*(2014) e Agostini (2009) em seus estudos de viabilidade de sistemas de reuso a partir do tratamento de águas cinzas, encontram respectivamente um payback superior a 5 anos e um payback de 12 anos. Ao contrario do que foi observado nessa pesquisa, no qual o sistema de reuso a partir do tratamento de esgotos sanitários apresentou-se viável nos 3 cenários propostos. O maior payback foi obtido no cenário 1, onde o investimento é recuperado em 3 anos e 5 meses, o que é uma condição financeiramente viável, uma vez que o retorno esperado e aceito para um empreendimento no Brasil é geralmente superior a 5 anos (Lunardi *et al.*, 2014).

6 CONCLUSÃO

- O estudo mostrou que a edificação estudada apresentou uma demanda total média de água de 247,2 m³/d e esse valor está abaixo do estimado no projeto da edificação que são 500 m³/d.
- O consumo *per capita* de água total do edifício de 120,5 l/pessoa.dia foi o mais elevado quando comparado ao obtido em outros edifícios corporativos, chegando em alguns casos a ser 56% superior. Esse consumo *per capita* também está próximo ao apresentado em alguns edifícios residenciais não dotados de reuso, onde se espera um maior consumo *per capita* em função da ocorrência de banhos e lavagem de roupas por exemplo.
- Ainda sobre o consumo de água foi possível observar o percentual estimado para o consumo no sistema de refrigeração de aproximadamente 46% da demanda total de água do edifício. Esse é um percentual considerável, quando se leva em conta a premissa de conservação de água a que a edificação se propõe.
- Sobre a produção de água de reuso, a ETE+R operou bem abaixo da capacidade do sistema. Fato esse relacionado a falhas operacionais no sistema de aeração do filtro biológico.
- A realização de balanço hídrico mostrou a um baixo percentual de retorno de esgoto sanitário para a rede coletora, atingindo um dos objetivos da conservação de água que é a redução das vazões de esgoto.
- A implantação de ETEs em edifícios comerciais é uma estratégia de conservação de água viável em todos os cenários analisados, uma vez que o retorno do investimento se dá entre 1 ano e meio e 3 anos e meio, sendo inferior ao normalmente aceito em análise de viabilidade de empreendimentos no Brasil.
- O estudo apresentou como limitação a falta de uma medição setorizada com hidrômetros em muitos pontos, como nas saídas dos reservatórios de água de reúso; torres de resfriamento, sistema de água gelada, restaurante e refeitório bem como também em nos edifícios que compõem a edificação que impediram um melhor detalhamento do consumo do prédio.

7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Implementar a medição setorizada no edifício para uma melhor avaliação da demanda de água;
- Fazer estudo mais detalhado de demanda de água não potável e avaliar outras fontes de geração de água para reúso.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**: Encarte Especial sobre a Crise Hídrica, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas Brasil**: Abastecimento de Água. Brasília, 2010.

AGOSTINI, R. S. **Avaliação do desempenho e da viabilidade econômica de um sistema de reúso de água cinza em um edifício residencial de alto padrão**. 2009. 69 f. Projeto de Graduação – Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969**: tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BONI, S.S.N. **Gestão de água em edificações**: formulação de diretrizes para o reúso de água para fins não potáveis. 2009. 202p. Tese (Doutorado da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 09 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 05 dez.2013.

BRASIL. Ministério das cidades. Secretaria nacional de saneamento ambiental – Sistema nacional de informações sobre saneamento: **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**. Brasília. 2013. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=105>>. Acesso em: 15 fev.2015.

BRUNI, A. L., FAMÁ, R. **As decisões de investimentos**. 2ª Ed. – São Paulo: Atlas, 2007.

CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento. **Tarifas**. Disponível em: <http://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2013/03/tabela_tarifas.pdf>. Acesso em: 18 de março de 2013.

COOK, S; SHARMA, A. K; GURUN, T. R. Evaluation of alternative water sources for commercial buildings: A case study in Brisbane, Australia. **Resources, Conservation and Recycling**. Vol. 89. p. 86 – 93. 2014.

DENIZ, G; SADHWANI, J. J; VEZA, J. M. V. New quality criteria in wastewater reuse The case of Gran Canaria. **Desalination**. Vol.250 p. 716 – 722. 2010.

FRANCI, T. K. **Avaliação da viabilidade econômica de um sistema de reuso de água cinza em uma edificação residencial multifamiliar de alto padrão**. 2011. 83 p. Trabalho de conclusão de curso (Administração) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Apostila da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Mato Grosso, 2004.

GOIS, E. H. B; RIOS, C. A. S; COSTANZI, R. N. Evaluation of wa ter conservation and reuse: a case study of a shopping mall in souther n Brazil. **Journal of Cleaner Production**. Vol. XXX, p. 1 – 9. 2014.

GONÇALVES, R. F.; SILVA, G. M.; WANKE, R. Uma nova geração de edifícios “verdes” com reúso de águas cinza em Vitória (ES). Trabalho apresentado no VII Seminário Estadual de Saneamento e Meio Ambiente (Sesma), Vitória, 2007. disponível em: < [ttp://www.paginasnanet.com.br/s/facil12/img/edificios_verdes.doc](http://www.paginasnanet.com.br/s/facil12/img/edificios_verdes.doc)>. Acesso em: 23 de dezembro de 2012.

GONÇALVES, R. F.; SILVA, G. M.; WANKE, R. (2011) – Manual do proprietário: **Operação e manutenção da ETE+R**.. Fluir Engenharia Ambiental Ltda. 40p.

GONÇALVES, R.F; SILVA, G. M. da; WANKE, R. **Uma nova geração de “edifícios verdes” com reúso de águas cinza em Vitória (ES)**. In: SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE – SESMA, Vitória, 2007.

GONÇALVES, R.F.; ALVES, W.C.; ZANELLA, L. Conservação de água no meio urbano. In: GONÇALVES, R.F. **Uso Racional da água nas edificações**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006. cap 2, p. 29-70.

GOULART, S. **Sustentabilidade nas edificações e no espaço urbano**. Apostila disciplina desempenho térmico de edificações – ECV5161, Universidade federal de santa catarina. Florianópolis, 2008).

HAFNER, A. V. Conservação e reúso de água em edificações – experiências nacionais e internacionais. **Rio de Janeiro, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programas de Pós-Graduação de Engenharia, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.**

HASTENREITER, T. A. **Estudo de viabilidade econômica de implantação de um sistema de reuso de água cinza para fim não potável em edificação empresarial**. 2013. 122p. Projeto de graduação (Engenharia ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo.

Hawkins, D. M.: Identification of *Outils*. Chapman and Hall, London – New York 1980, 188 S.

IPCC, 2014, “Working Group II Report Impacts, Adaptation and Vulnerability”. In: *Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme.

IPCC, 2007, “Working Group II Report Impacts, Adaptation and Vulnerability”. In: *Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas*, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme.

KALBUSCH, A. **Critérios de avaliação de sustentabilidade ambiental dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários em edifícios de escritórios**. 2006. 131p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Quim. Nova**, Vol. 25, No. 1, p. 78-82, 2002.

LUNARDI, D. C; OSORIO, L. M. S; BARROS, V. N. V. **Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental na implantação de um sistema de reúso em edifícios corporativos – Estudo de caso.** 2014. 93 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial.** São Paulo: Manole, 2003, p. 12.

MARTINS, J.L.; MEMELLI, M.S. **Balço hídrico e indicadores de consumo de água potável e não potável em uma edificação dotada de sistema de reúso de águas cinza.** 2011. 85f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

MEDONÇA, P.A O. **Reúso de água em edifícios públicos: o caso da Escola Politécnica.** 2004. 145p. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

MENESES, M; PASQUALINO, J.C; CASTELLS, F. Environmental assessment of urban wastewater reuse: Treatment alternatives and applications. **Chemosphere.** Vol.81, p. 266 – 272. 2010.

METCALF & EDDY, Inc. **Water reuse: issues, technologies, and applications.** New York, McGraw-Hill, 2007.

NETO, M. L.F. **Avaliação de parâmetros intervenientes no consumo per capita de água: Estudo para 96 municípios do estado de Minas Gerais.** 2003. 95 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

NUNES R T S. **Conservação da água em edifícios comerciais: Potencial de uso racional e reúso em shopping center.** Rio de Janeiro; 2006. [Dissertação de Pós Graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro].

OLIVATTO, L.M. **Análise da eficiência de estação de tratamento de efluentes em indústria de extração de óleo de soja e proposições de novas metodologias de análises e tratamentos.** 2009. 64f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências

Biológicas) – Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2009.

ORNELAS, P.; KIPERSTOK, A.; CRUZ, C.S.; MONTEGGIA, L.O.; COHIM, E. Qualidade da água em vasos sanitários: uma contribuição ao debate sobre os critérios de qualidade d'água para o reúso não potável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005 Campo Grande. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2005. II-337.

PERTEL, M. **Caracterização do uso da água e da energia associada à água em uma edificação residencial convencional e uma dotada de um sistema de reúso de águas cinza**. 2009. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

PETERS, M.R. *et al.* **Quantificação e caracterização de águas cinzas para reúso doméstico**. In: V Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2006, Porto Alegre. *Gestão Integrada do Meio Ambiente*. Porto Alegre: ABES, 2006.

SANTOS, D. C. dos. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, n. 4, p. 7-18, out./dez. 2002.

SILVA, L.M.; GONÇALVES, R.F. Fontes alternativas de água para fins não potáveis: aspectos legais e normativos. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15, 2012 Belo Horizonte. **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2012.

SOARES FILHO, A. **Racionalização do uso da água potável e reúso de efluentes líquidos em plantas siderúrgica de ferro ligas: o caso da Rio Doce Manganês**. 2008. 136p. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SOARES, H. M. Poluição das águas. In: SCHMIDELL, *et al.* (Comissão editorial). **Tratamento biológico de águas residuárias**. Florianópolis. 2007. p. 25 – 75.

SOUSA, Almir Ferreira de. **Avaliação de investimento: uma abordagem prática**. São Paulo: Saraiva, 2007.

TOZE, S. Reuse of effluent water – benefits and risks. **Agricultural Water Management**. Vol. 80. p. 147 – 159. 2006.

TOMAZ, Plínio. **Previsão de consumo de água**: interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Navegar, 2000.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**, São Carlos: RiMa, IIE, 2003
 apud TAINÁ ALVES HASTENREITER - **ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA CINZA PARA FIM NÃO POTÁVEL EM EDIFICAÇÃO EMPRESARIAL** 2013- Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

VALLE, J.A. Gerenciamento de custos. In: DINSMORE, P. C; BARBOSA, A. M.C. **Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos – Livro base de preparação para certificação PMP®**. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2005. cap 5, p. 89-116.

VAREJÃO, V; ARPINI, N. Espírito Santo vive a pior seca dos últimos 40 anos. **G1 Globo.com**, Vitória, 30 jan. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2015/01/espírito-santo-vive-pior-seca-dos-últimos-40-anos-aponta-governo.html>>. Acesso em: 30 jan. 2015.

WADE MILLER, G. Integrate concepts in water reuse: managing global water needs. **Desalination**. Vol.187, p. 65 – 75. 2006.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. 2005. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

PROENÇA, L.C e GHISI, E. Water end-uses in Brazilian office buildings – 2010.

GHISI, E; RUPP, R.F e TRISKA, Y. Comparing indicators to rank strategies to save potable water in buildings – 2014.

9 ANEXOS

ANEXO A - Dados brutos de consumo de água potável, produção de esgoto sanitário e água de reuso.

n	DATA	DIA DA SEMANA	Consumo de água potável	Produção de esgoto	Produção de água de reuso	Demanda total de água (Potável e não potável)
1	01/01/13	terça-feira	259,0			259,00

2	02/01/13	quarta-feira	302,0	74,52	0,00	302,00
3	03/01/13	quinta-feira	218,0	60,80	0,00	218,00
4	04/01/13	sexta-feira	388,0	283,68	65,00	453,00
5	05/01/13	sábado	363,0	157,00	0,00	363,00
6	06/01/13	domingo	231,0	70,00	0,00	231,00
7	07/01/13	segunda-feira	345,0	70,00	0,00	345,00
8	08/01/13	terça-feira	298,0	238,00	1,00	299,00
9	09/01/13	quarta-feira	371,0	130,00	0,00	371,00
10	10/01/13	quinta-feira	250,0	195,00	24,00	274,00
11	11/01/13	sexta-feira	303,0	163,67	24,00	327,00
12	12/01/13	sábado	303,0	147,33	1,00	304,00
13	13/01/13	domingo	341,0	64,00	0,00	341,00
14	14/01/13	segunda-feira	301,0	71,00	0,00	301,00
15	15/01/13	terça-feira	312,0	177,00	0,00	312,00
16	16/01/13	quarta-feira	313,0	152,00	0,00	313,00
17	17/01/13	quinta-feira	421,0	155,00	20,00	441,00
18	18/01/13	sexta-feira	472,4	259,12	29,00	501,40
19	19/01/13	sábado	321,6	333,88	18,00	339,60
20	20/01/13	domingo	212,0	54,30	0,00	212,00
21	21/01/13	segunda-feira	205,0	62,59	0,00	205,00
22	22/01/13	terça-feira	280,0	161,52	20,00	300,00

23	23/01/13	quarta-feira	435,0	194,90	20,00	455,00
24	24/01/13	quinta-feira	191,2	206,19	0,00	191,20
25	25/01/13	sexta-feira	266,8	180,50	50,00	316,80
26	26/01/13	sábado	293,0	157,00	10,00	303,00
27	27/01/13	domingo	230,6	62,00	0,00	230,60
28	28/01/13	segunda-feira	157,4	107,00	0,00	157,40
29	29/01/13	terça-feira	177,0	187,00	41,00	218,00
30	30/01/13	quarta-feira	251,0	215,00	16,00	267,00
31	31/01/13	quinta-feira	83,0	170,00	0,00	83,00
32	01/02/13	sexta-feira	411,0	265,00	0,00	411,00
33	02/02/13	sábado	6,0	34,00	0,00	6,00
34	03/02/13	domingo	10,0	64,00	0,00	10,00
35	04/02/13	segunda-feira	208,0	86,00	0,00	208,00
36	05/02/13	terça-feira	96,0	125,00	0,00	96,00
37	06/02/13	quarta-feira	120,0	259,00	1,00	121,00
38	07/02/13	quinta-feira	240,0	180,00	0,00	240,00
39	08/02/13	sexta-feira	304,0	210,00	0,00	304,00
40	09/02/13	sábado	672,0	189,26	0,00	672,00
41	10/02/13	domingo	431,0	126,89	0,00	431,00
42	11/02/13	segunda-feira	313,0	118,85	0,00	313,00
43	12/02/13	terça-feira	179,0	113,00	0,00	179,00
44	13/02/13	quarta-feira	300,0	112,00	0,00	300,00
45	14/02/13	quinta-feira	462,0	111,00	0,00	462,00

46	15/02/13	sexta-feira	231,0	222,00	0,00	231,00
47	16/02/13	sábado	373,0	117,81	0,00	373,00
48	17/02/13	domingo	241,0	44,19	0,00	241,00
49	18/02/13	segunda-feira	209,0	49,00	0,00	209,00
50	19/02/13	terça-feira	338,0	185,00	0,00	338,00
51	20/02/13	quarta-feira	240,0	172,00	0,00	240,00
52	21/02/13	quinta-feira	370,0	150,00	0,00	370,00
53	22/02/13	sexta-feira	326,0	148,00	0,00	326,00
54	23/02/13	sábado	372,0	175,00	0,00	372,00
55	24/02/13	domingo	397,0	74,00	0,00	397,00
56	25/02/13	segunda-feira	115,0	70,00	0,00	115,00
57	26/02/13	terça-feira	233,0	200,00	0,00	233,00
58	27/02/13	quarta-feira	348,0	222,00	1,00	349,00
59	28/02/13	quinta-feira	356,0	163,00	5,00	361,00
60	01/03/13	sexta-feira	301,0	176,00	0,00	301,00
61	02/03/13	sábado	326,0	169,00	0,00	326,00
62	03/03/13	domingo	270,0	67,00	0,00	270,00
63	04/03/13	segunda-feira	252,0	41,00	0,00	252,00
64	05/03/13	terça-feira	347,0	163,00	0,00	347,00
65	06/03/13	quarta-feira	309,0	166,00	0,00	309,00
66	07/03/13	quinta-feira	302,0	153,00	0,00	302,00
67	08/03/13	sexta-feira	326,0	208,00	0,00	326,00
68	09/03/13	sábado	480,0	141,00	2,00	482,00
69	10/03/13	domingo	364,0	42,00	0,00	364,00

70	11/03/13	segunda-feira	341,0	41,00	0,00	341,00
71	12/03/13	terça-feira	294,0	177,00	1,00	295,00
72	13/03/13	quarta-feira	308,0	169,00	21,00	329,00
73	14/03/13	quinta-feira	329,0	184,00	19,00	348,00
74	15/03/13	sexta-feira	302,0	290,00	37,00	339,00
75	16/03/13	sábado	280,0	209,00	10,00	290,00
76	17/03/13	domingo	199,0	57,00	15,00	214,00
77	18/03/13	segunda-feira	270,0	55,00	11,00	281,00
78	19/03/13	terça-feira	304,1	533,00	102,00	406,10
79	20/03/13	quarta-feira	131,9	570,00	45,00	176,90
80	21/03/13	quinta-feira	209,0	266,00	27,00	236,00
81	22/03/13	sexta-feira	180,0	89,00	1,00	181,00
82	23/03/13	sábado	223,0	108,00	23,00	246,00
83	24/03/13	domingo	188,0	74,00	32,00	220,00
84	25/03/13	segunda-feira	160,0	59,00	19,00	179,00
85	26/03/13	terça-feira	314,0	190,00	60,00	374,00
86	27/03/13	quarta-feira	84,0	188,00	14,00	98,00
87	28/03/13	quinta-feira	226,0	206,00	50,00	276,00
88	29/03/13	sexta-feira	254,0	166,00	53,00	307,00
89	30/03/13	sábado	20,0	169,00	61,00	81,00
90	31/03/13	domingo	119,0	60,00	24,00	143,00
91	01/04/13	segunda-feira	94,0	57,00	11,00	105,00
92	02/04/13	terça-feira	300,0	218,00	26,00	326,00
93	03/04/13	quarta-feira	103,0	188,00	17,00	120,00

94	04/04/13	quinta-feira	202,0	197,00	56,00	258,00
95	05/04/13	sexta-feira	232,0	254,00	82,00	314,00
96	06/04/13	sábado	226,0	172,00	51,00	277,00
97	07/04/13	domingo	239,0	61,00	14,00	253,00
98	08/04/13	segunda-feira	98,0	56,00	21,00	119,00
99	09/04/13	terça-feira	117,0	131,00	36,00	153,00
100	10/04/13	quarta-feira	454,0	136,00	11,00	465,00
101	11/04/13	quinta-feira	278,0	159,00	8,00	286,00
102	12/04/13	sexta-feira	304,0	173,00	21,00	325,00
103	13/04/13	sábado	322,0	169,00	47,00	369,00
104	14/04/13	domingo	214,0	61,00	9,00	223,00
105	15/04/13	segunda-feira	158,0	50,00	17,00	175,00
106	16/04/13	terça-feira	307,0	193,00	23,00	330,00
107	17/04/13	quarta-feira	376,0	162,00	15,00	391,00
108	18/04/13	quinta-feira	186,0	124,00	17,00	203,00
109	19/04/13	sexta-feira	151,0	158,00	23,00	174,00
110	20/04/13	sábado	272,0	154,00	11,00	283,00
111	21/04/13	domingo	87,0	32,00	3,00	90,00
112	22/04/13	segunda-feira	339,0	125,00	12,00	351,00
113	23/04/13	terça-feira	165,0	94,00	6,00	171,00
114	24/04/13	quarta-feira	330,0	151,00	0,00	330,00
115	25/04/13	quinta-feira	252,0	138,00	10,00	262,00
116	26/04/13	sexta-feira	335,0	144,00	6,00	341,00
117	27/04/13	sábado			0,00	0,00

118	28/04/13	domingo			16,00	16,00
119	29/04/13	segunda-feira	306,0	39,00	9,00	315,00
120	30/04/13	terça-feira	411,0	165,00	13,00	424,00
121	01/05/13	quarta-feira	359,0	200,00	0,00	359,00
122	02/05/13	quinta-feira	323,0	175,00	1,00	324,00
123	03/05/13	sexta-feira	333,0	178,00	20,00	353,00
124	04/05/13	sábado	569,0	153,00	11,00	580,00
125	05/05/13	domingo	325,0	48,00	17,00	342,00
126	06/05/13	segunda-feira	404,0	30,00	5,00	409,00
127	07/05/13	terça-feira	300,0	155,00	46,00	346,00
128	08/05/13	quarta-feira	590,0	165,00	35,00	625,00
129	09/05/13	quinta-feira	271,0	167,00	13,00	284,00
130	10/05/13	sexta-feira	128,0	154,00	5,00	133,00
131	11/05/13	sábado	274,0	135,00	1,00	275,00
132	12/05/13	domingo	189,0	40,00	4,00	193,00
133	13/05/13	segunda-feira	241,0	37,00	0,00	241,00
134	14/05/13	terça-feira	166,0	182,00	0,00	166,00
135	15/05/13	quarta-feira	234,0	161,00	0,00	234,00
136	16/05/13	quinta-feira	461,0	167,00	0,00	461,00
137	17/05/13	sexta-feira	292,0	162,00	36,00	328,00
138	18/05/13	sábado	467,0	178,00	32,00	499,00
139	19/05/13	domingo	178,0	26,00	15,00	193,00
140	20/05/13	segunda-feira	92,0	77,00	15,00	107,00
141	21/05/13	terça-feira	305,0	167,00	14,00	319,00

142	22/05/13	quarta-feira	226,0	158,00	29,00	255,00
143	23/05/13	quinta-feira	342,0	171,00	47,00	389,00
144	24/05/13	sexta-feira	307,0	166,00	20,00	327,00
145	25/05/13	sábado	200,0	171,00	64,00	264,00
146	26/05/13	domingo	109,0	37,00	12,00	121,00
147	27/05/13	segunda-feira	141,0	105,00	35,00	176,00
148	28/05/13	terça-feira	214,0	101,00	0,00	214,00
149	29/05/13	quarta-feira	218,0	157,00	0,00	218,00
150	30/05/13	quinta-feira	1,0	139,00	0,00	1,00
151	31/05/13	sexta-feira	289,0	25,00	9,00	298,00
152	01/06/13	sábado	472,0	136,00	11,00	483,00
153	02/06/13	domingo	255,0	30,00	0,00	255,00
154	03/06/13	segunda-feira	188,0	30,00	0,00	188,00
155	04/06/13	terça-feira	312,0	178,00	1,00	313,00
156	05/06/13	quarta-feira	161,0	144,00	0,00	161,00
157	06/06/13	quinta-feira	186,0	140,00	0,00	186,00
158	07/06/13	sexta-feira	231,0	148,00	0,00	231,00
159	08/06/13	sábado	266,0	154,00	0,00	266,00
160	09/06/13	domingo	193,0	40,00	0,00	193,00
161	10/06/13	segunda-feira	150,0	24,00	0,00	150,00
162	11/06/13	terça-feira	156,0	155,00	0,00	156,00
163	12/06/13	quarta-feira	192,0	134,00	0,00	192,00
164	13/06/13	quinta-feira	169,0	152,00	0,00	169,00
165	14/06/13	sexta-feira	184,0	188,00	0,00	184,00

166	15/06/13	sábado	189,0	180,00	0,00	189,00
167	16/06/13	domingo	132,0	90,00	0,00	132,00
168	17/06/13	segunda-feira	244,0	143,00	0,00	244,00
169	18/06/13	terça-feira	299,0	273,00	0,00	299,00
170	19/06/13	quarta-feira	186,0	110,00	0,00	186,00
171	20/06/13	quinta-feira	221,0	190,00	0,00	221,00
172	21/06/13	sexta-feira	274,0	179,00	0,00	274,00
173	22/06/13	sábado	289,0	182,00	0,00	289,00
174	23/06/13	domingo	250,0	90,00	0,00	250,00
175	24/06/13	segunda-feira	278,0	75,00	0,00	278,00
176	25/06/13	terça-feira	171,0	224,00	0,00	171,00
177	26/06/13	quarta-feira	312,0	188,00	0,00	312,00
178	27/06/13	quinta-feira			0,00	0,00
179	28/06/13	sexta-feira			0,00	0,00
180	29/06/13	sábado			0,00	0,00
181	30/06/13	domingo			0,00	0,00
182	01/07/13	segunda-feira			0,00	0,00
183	02/07/13	terça-feira	158,0	209,00	1,00	159,00
184	03/07/13	quarta-feira	286,0	179,00	0,00	286,00
185	04/07/13	quinta-feira	170,0	168,00	0,00	170,00
186	05/07/13	sexta-feira	270,0	174,00	0,00	270,00
187	06/07/13	sábado	266,0	207,00	0,00	266,00
188	07/07/13	domingo	215,0	67,00	0,00	215,00
189	08/07/13	segunda-feira	232,0	96,00	0,00	232,00

190	09/07/13	terça-feira	342,0	215,00	21,00	363,00
191	10/07/13	quarta-feira	99,0	222,00	16,00	115,00
192	11/07/13	quinta-feira	245,0	315,00	42,00	287,00
193	12/07/13	sexta-feira	179,0	0,00	0,00	179,00
194	13/07/13	sábado	221,0	212,00	39,00	260,00
195	14/07/13	domingo	176,0	65,00	13,00	189,00
196	15/07/13	segunda-feira	163,0	77,00	24,00	187,00
197	16/07/13	terça-feira	248,0	216,00	73,00	321,00
198	17/07/13	quarta-feira	166,0	182,00	29,00	195,00
199	18/07/13	quinta-feira	255,0	194,00	0,00	255,00
200	19/07/13	sexta-feira	430,0	197,00	1,00	431,00
201	20/07/13	sábado	259,0	169,00	34,00	293,00
202	21/07/13	domingo	156,0	94,00	29,00	185,00
203	22/07/13	segunda-feira	167,0	74,00	33,00	200,00
204	23/07/13	terça-feira	323,0	197,00	83,00	406,00
205	24/07/13	quarta-feira	175,0	192,00	38,00	213,00
206	25/07/13	quinta-feira	282,0	102,00	0,00	282,00
207	26/07/13	sexta-feira	273,0	176,00	0,00	273,00
208	27/07/13	sábado	282,0	183,00	0,00	282,00
209	28/07/13	domingo	198,0	66,00	0,00	198,00
210	29/07/13	segunda-feira	307,0	84,00	1,00	308,00
211	30/07/13	terça-feira	171,0	194,00	1,00	172,00
212	31/07/13	quarta-feira	276,0	248,00	0,00	276,00
213	01/08/13	quinta-feira	131,0	135,00	0,00	131,00

214	02/08/13	sexta-feira	320,0	187,00	0,00	320,00
215	03/08/13	sábado	186,0	181,00	0,00	186,00
216	04/08/13	domingo	226,0	53,00	0,00	226,00
217	05/08/13	segunda-feira	297,0	15,00	0,00	297,00
218	06/08/13	terça-feira	139,0	71,00	1,00	140,00
219	07/08/13	quarta-feira	186,0	67,00	1,00	187,00
220	08/08/13	quinta-feira	350,0	476,00	0,00	350,00
221	09/08/13	sexta-feira	218,0	280,00	0,00	218,00
222	10/08/13	sábado	274,0	143,00	0,00	274,00
223	11/08/13	domingo	189,0	213,00	0,00	189,00
224	12/08/13	segunda-feira	161,0	287,00	0,00	161,00
225	13/08/13	terça-feira	258,0	112,00	0,00	258,00
226	14/08/13	quarta-feira	204,0	114,00	0,00	204,00
227	15/08/13	quinta-feira	372,0	125,00	0,00	372,00
228	16/08/13	sexta-feira	148,0	142,00	6,00	154,00
229	17/08/13	sábado	204,0	136,00	71,00	275,00
230	18/08/13	domingo	90,0	61,00	34,00	124,00
231	19/08/13	segunda-feira	101,0	122,00	73,00	174,00
232	20/08/13	terça-feira	271,0	165,00	0,00	271,00
233	21/08/13	quarta-feira	207,0	174,00	48,00	255,00
234	22/08/13	quinta-feira	191,0	191,00	12,00	203,00
235	23/08/13	sexta-feira	184,0	177,00	0,00	184,00
236	24/08/13	sábado	210,0	166,00	25,00	235,00
237	25/08/13	domingo	290,0	71,00	37,00	327,00

238	26/08/13	segunda-feira	138,0	63,00	34,00	172,00
239	27/08/13	terça-feira	320,0	193,00	61,00	381,00
240	28/08/13	quarta-feira	442,0	178,00	0,00	442,00
241	29/08/13	quinta-feira	185,0	166,00	0,00	185,00
242	30/08/13	sexta-feira	285,0	170,00	0,00	285,00
243	31/08/13	sábado	289,0	133,00	0,00	289,00
244	01/09/13	domingo	181,0	56,00	0,00	181,00
245	02/09/13	segunda-feira	180,0	99,00	0,00	180,00
246	03/09/13	terça-feira	221,0	135,00	2,00	223,00
247	04/09/13	quarta-feira	369,0	173,00	1,00	370,00
248	05/09/13	quinta-feira	380,0	166,00	0,00	380,00
249	06/09/13	sexta-feira	277,0	168,00	0,00	277,00
250	07/09/13	sábado	235,0	259,00	0,00	235,00
251	08/09/13	domingo	267,0	190,00	0,00	267,00
252	09/09/13	segunda-feira	209,0	123,00	3,00	212,00
253	10/09/13	terça-feira	186,0	161,00	32,00	218,00
254	11/09/13	quarta-feira	329,0	209,00	20,00	349,00
255	12/09/13	quinta-feira	286,0	200,00	0,00	286,00
256	13/09/13	sexta-feira	304,0	185,00	0,00	304,00
257	14/09/13	sábado	192,0	190,00	0,00	192,00

258	15/09/13	domingo	201,0	105,00	0,00	201,00
259	16/09/13	segunda-feira	336,0	69,00	11,00	347,00
260	17/09/13	terça-feira	308,0	270,00	52,00	360,00
261	18/09/13	quarta-feira	361,0	193,00	1,00	362,00
262	19/09/13	quinta-feira	81,0	167,00	0,00	81,00
263	20/09/13	sexta-feira	104,0	187,00	0,00	104,00
264	21/09/13	sábado	390,0	182,00	0,00	390,00
265	22/09/13	domingo	397,0	82,00	0,00	397,00
266	23/09/13	segunda-feira	264,0	13,00	0,00	264,00
267	24/09/13	terça-feira	177,0	257,00	0,00	177,00
268	25/09/13	quarta-feira	216,0	192,00	0,00	216,00
269	26/09/13	quinta-feira	161,0	168,00	0,00	161,00
270	27/09/13	sexta-feira	130,0	208,00	0,00	130,00
271	28/09/13	sábado	230,0	145,00	0,00	230,00
272	29/09/13	domingo	113,0	69,00	0,00	113,00
273	30/09/13	segunda-feira	118,0	125,00	0,00	118,00
274	01/10/13	terça-feira	132,0	131,00	0,00	132,00
275	02/10/13	quarta-feira	151,0	257,00	16,00	167,00
276	03/10/13	quinta-feira	272,0	124,00	1,00	273,00
277	04/10/13	sexta-feira	163,0	123,00	0,00	163,00
278	05/10/13	sábado	219,0	110,00	0,00	219,00
279	06/10/13	domingo	143,0	56,00	0,00	143,00
280	07/10/13	segunda-feira	155,0	63,00	0,00	155,00
281	08/10/13	terça-feira	90,0	72,00	2,00	92,00

282	09/10/13	quarta-feira	181,0	45,00	0,00	181,00
283	10/10/13	quinta-feira	135,0	212,00	0,00	135,00
284	11/10/13	sexta-feira	121,0	59,00	0,00	121,00
285	12/10/13	sábado	148,0	96,00	0,00	148,00
286	13/10/13	domingo	91,0	24,00	0,00	91,00
287	14/10/13	segunda-feira	84,0	25,00	1,00	85,00
288	15/10/13	terça-feira	124,0	152,00	4,00	128,00
289	16/10/13	quarta-feira	229,0	60,00	0,00	229,00
290	17/10/13	quinta-feira	202,0	137,00	0,00	202,00
291	18/10/13	sexta-feira	224,0	79,00	0,00	224,00
292	19/10/13	sábado	58,0	74,00	0,00	58,00
293	20/10/13	domingo	0,0	32,00	0,00	0,00
294	21/10/13	segunda-feira	336,0	25,00	0,00	336,00
295	22/10/13	terça-feira	306,0	89,00	23,00	329,00
296	23/10/13	quarta-feira	247,0	120,00	15,00	262,00
297	24/10/13	quinta-feira	248,0	99,00	0,00	248,00
298	25/10/13	sexta-feira	261,0	101,00	0,00	261,00
299	26/10/13	sábado	216,0	119,00	0,00	216,00
300	27/10/13	domingo	185,0	41,00	0,00	185,00
301	28/10/13	segunda-feira	182,0	37,00	1,00	183,00
302	29/10/13	terça-feira	256,0	112,00	21,00	277,00
303	30/10/13	quarta-feira	276,0	91,00	1,00	277,00
304	31/10/13	quinta-feira	238,0	89,00	0,00	238,00
305	01/11/13	sexta-feira	142,0	91,00	0,00	142,00

306	02/11/13	sábado	169,0		0,00	169,00
307	03/11/13	domingo			0,00	0,00
308	04/11/13	segunda-feira		29,00	0,00	0,00
309	05/11/13	terça-feira	270,0	109,00	16,00	286,00
310	06/11/13	quarta-feira	104,0	125,00	8,00	112,00
311	07/11/13	quinta-feira	145,0	141,00	1,00	146,00
312	08/11/13	sexta-feira	305,0	123,00	1,00	306,00
313	09/11/13	sábado	151,0	117,00	19,00	170,00
314	10/11/13	domingo	91,0	53,00	29,00	120,00
315	11/11/13	segunda-feira	24,0	50,00	35,00	59,00
316	12/11/13	terça-feira	188,0	146,00	70,00	258,00
317	13/11/13	quarta-feira	373,0	137,00	37,00	410,00
318	14/11/13	quinta-feira	267,0	133,00	22,00	289,00
319	15/11/13	sexta-feira	241,0	101,00	11,00	252,00
320	16/11/13	sábado	254,0	53,00	0,00	254,00
321	17/11/13	domingo	81,0	45,00	0,00	81,00
322	18/11/13	segunda-feira	105,0	39,00	7,00	112,00
323	19/11/13	terça-feira	157,0	118,00	46,00	203,00
324	20/11/13	quarta-feira	194,0	106,00	26,00	220,00
325	21/11/13	quinta-feira	246,0	140,00	7,00	253,00
326	22/11/13	sexta-feira	218,0	148,00	5,00	223,00

327	23/11/13	sábado	296,0	127,00	7,00	303,00
328	24/11/13	domingo	259,0	84,00	14,00	273,00
329	25/11/13	segunda-feira	119,0	81,00	63,00	182,00
330	26/11/13	terça-feira	270,0	138,00	92,00	362,00
331	27/11/13	quarta-feira	157,0	287,00	83,00	240,00
332	28/11/13	quinta-feira	149,0	124,00	13,00	162,00
333	29/11/13	sexta-feira	264,0	158,00	2,00	266,00
334	30/11/13	sábado	231,0	145,00	14,00	245,00
335	01/12/13	domingo	306,0	152,00	37,00	343,00
336	02/12/13	segunda-feira	166,0	135,00	67,00	233,00
337	03/12/13	terça-feira	204,0	178,00	41,00	245,00
338	04/12/13	quarta-feira	335,0	164,00	29,00	364,00
339	05/12/13	quinta-feira	354,0	161,00	6,00	360,00
340	06/12/13	sexta-feira	178,0	191,00	65,00	243,00
341	07/12/13	sábado	261,0	45,00	17,00	278,00
342	08/12/13	domingo	272,0	69,00	44,00	316,00

343	09/12/13	segunda-feira	171,0	207,00	88,00	259,00
344	10/12/13	terça-feira	237,0	182,00	63,00	300,00
345	11/12/13	quarta-feira	191,0	183,00	128,00	319,00
346	12/12/13	quinta-feira	250,0	472,00	32,00	282,00
347	13/12/13	sexta-feira	95,0	157,00	52,00	147,00
348	14/12/13	sábado	175,0	107,00	75,00	250,00
349	15/12/13	domingo	168,0	54,00	36,00	204,00
350	16/12/13	segunda-feira	189,0	202,00	87,00	276,00
351	17/12/13	terça-feira	144,0	318,00	162,00	306,00
352	18/12/13	quarta-feira	95,0	211,00	174,00	269,00
353	19/12/13	quinta-feira	89,0	291,00	38,00	127,00
354	20/12/13	sexta-feira	137,0	254,00	112,00	249,00
355	21/12/13	sábado	99,0	224,00	160,00	259,00
356	22/12/13	domingo	109,0	364,00	109,00	218,00
357	23/12/13	segunda-feira	49,0	296,00	117,00	166,00
358	24/12/13	terça-feira	355,0	187,00	84,00	439,00
359	25/12/13	quarta-feira	139,0	62,00	36,00	175,00
360	26/12/13	quinta-feira	92,0	187,00	69,00	161,00
361	27/12/13	sexta-feira	211,0	141,00	39,00	250,00
362	28/12/13	sábado	267,0	91,00	0,00	267,00
363	29/12/13	domingo	114,0	60,00	0,00	114,00
364	30/12/13	segunda-feira	230,0	135,00	32,00	262,00
365	31/12/13	terça-feira	164,0	86,00	45,00	209,00

Fonte: Comau do Brasil Ltda.

ANEXO B - Consumo de Energia ETE+R em 2013.

Item	Modelo	Consumo (kW/h)	Quantidade	Tempo de funcionamento (h)	Total kW/h	Custo (R\$/kW/h)	Gasto (R\$/dia)
Bombas de recalque elevatória	Bomba Nemo	5,5	2	12	132	0,3666	R\$ 48,39
Bomba de recalque para filtros	Bomba centrífuga KBS Megabloc (BRE)	3	2	5	30	0,3666	R\$ 11,00
Bomba de recirculação do lodo	Bomba centrífuga KBS Megabloc (BRL)	3	2	0,15	0,9	0,3666	R\$ 0,33
Aeradores	Aerador submerso inject-air	1	4	12	48	0,3666	R\$ 17,60
Válvulas	Válvula Belimo	0,0025	6	10	0,15	0,3666	R\$ 0,055
Filtros de carvão	Controlador de retrolavagem do filtro	0,0005	2	0,5	0,0005	0,3666	R\$ 0,000
pHmetro	pH 2000 - Actron	0,0075	1	24	0,18	0,3666	R\$ 0,066
Turbidímetro	Microtol TOL2	0,0075	2	24	0,36	0,3666	R\$ 0,132
Analizador de cloro residual	8b CLR - Actron	0,0075	1	24	0,18	0,3666	R\$ 0,066
Reator UV	NAT 7503	0,0075	3	24	0,54	0,3666	R\$ 0,198
Lâmpadas	Fluorescente sem reator	0,045	12	24	12,96	0,3666	R\$ 4,75
						Total/dia	
						R\$	82,58
						Total/mês	
						R\$	2.477,52

Fonte: Comau do Brasil Ltda.

ANEXO C - Consumo insumos, análises laboratoriais e substituição de pequenos componentes para 12 meses no ano de 2013.

Item	Quantidade	Custo	
Pastilhas de cloro	1000	R\$	3.300,00
Lâmpadas	12	R\$	630,00
Lâmpadas UV	4	R\$	621,20
Conjunto clorador	1	R\$	480,00
O' rings	50	R\$	100,00
Meio filtrante	1	R\$	13.081,92
Análises Laboratoriais	1	R\$	168.000,00
Bolsas drenantes	2	R\$	520,00
	Total/ano	R\$	186.733,12
	Total/mês	R\$	15.561,09

Fonte: Comau do Brasil Ltda.

ANEXO D - Custo de manutenção de equipamentos.

Item	Descrição	Quantidade	Custo	
HH de manutenção preventiva	Mecânica	192	R\$	4.000,00
	Elétrica/operação	420	R\$	4.620,00
Calibração	pHmetro	1	R\$	240,00
	Turbidímetro	2	R\$	770,00
	Analizador de cloro residual	1	R\$	240,00
Limpeza tratamento primário	Contratação de caminhão suga fossa	3/ ano	R\$	1.440,00
Kit para reparo do turbidímetro	-	1	R\$	2.483,25
Kit de reparo para o analisador de cloro residual	-	1	R\$	400,00
Manutenção dos aeradores	HH	Anual	R\$	1.808,00
Manutenção dos aeradores	Peças/materiais	Anual	R\$	24.000,00
		Total/ano	R\$	40.001,25
		Total/mês	R\$	3.333,44

Fonte: Comau do Brasil Ltda.

ANEXO E - Descrição e custos de HH para realização dos serviços de manutenção da ETE+R.

Atividade	Especialidade	Custo total
Troca de pastilha	Mecânica	R\$ 1.430,00
Manutenção aeradores	Mecânica	R\$ 1.056,00
	Civil	R\$ 192,00
	Montador de andaime	R\$ 76,80
Substituição do meio filtrante	Mecânica	R\$ 220,00
	Elétrica	R\$ 22,00
	Limpeza	R\$ 284,40
Manutenção reator UV	Elétrica	R\$ 66,00
Limpeza gradeamento	Limpeza	R\$ 113,76
Inspeção sensitiva ETE	Operação	R\$ 660,00
Descarte do lodo	Bióloga	R\$ 192,00
Manutenção bolsas drenantes	Mecânica	R\$ 44,00
Inspeção dos hidrômetros	Operação	R\$ 3.437,50
	Total/ano	R\$ 7.794,46
	Total/mês	R\$ 649,54

Fonte: Comau do Brasil Ltda.

